

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Studium adheze tenkých povlaků ke kovovému substrátu

Study of Adhesion Thin Coatings to Metal Substrate

Student:

Bílý Antonín

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Podjuklová Jitka, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Antonín Bílý**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium adheze tenkých povlaků ke kovovému substrátu
Study of Adhesion Thin Coatings to Metal Substrate

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti organických povlaků s obsahem submikronových částic.
2. Prostudujte vlastnosti sklokeramických smaltových povlaků.
3. Prostudujte princip adheze organických a smaltových povlaků ke kovovému substrátu.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
6. Zpracujte technickou zprávu včetně technicko-ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.
BOUŠE, V. a kol: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. SNTL, Praha, 1986. 216 s.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



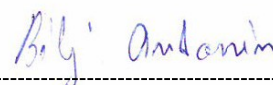

Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2014

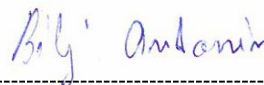


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 19. 5. 2014



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bílý Antonín

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Smetanova 185/4,

779 00 Olomouc

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BÍLÝ, A. *Studium adheze tenkých povlaků ke kovovému substrátu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 69 s. Vedoucí práce: PODJUKLOVÁ, J.

Bakalářská práce se zabývá studiem adheze tenkých povlaků ke kovovému substrátu. V úvodu práce je popsán vliv adheze na přilnavost nanášených povlaků na podkladové materiály. V teoretické části jsou popsány základní charakteristiky, vlastnosti a aplikace organických povlaků a smaltových povlaků. V dalších částech jsou uvedeny přípravy povrchu před aplikací antikorozičního povlaku a způsoby jejich vyhodnocování. Experimentální část se zabývá zkoušením adheze dvou nátěrových systémů na stejný podkladový materiál slitinu hliníku pro automobilový průmysl. Nátěry byly Cortec VCI-368 a impregnační povlak pro transport. Návrh metodiky prací a jejich vyhodnocení je zpracováno ve formě fotografií a tabulek.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

BÍLÝ, A. *Study of Adhesion Thin Coatings to Metal Substrate: Bachelor's Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2014, 69 p. Thesis head: PODJUKLOVÁ, J.

The bachelor thesis deals with a thin coating adhesion to the metal substrate. The introduction describes the influence of adhesion on the adhesion of applied coatings to substrate materials. The theoretical part describes the basic characteristics, properties and applications of organic coatings and enamel coatings. The Next part introduces surface preparation before application anti-corrosion coating and methods of evaluation. The experimental part deals with the testing of adhesion of the two coating systems on the same base material aluminum alloys for the automotive industry. Coatings were Cortec VCI-368 and impregnation coating for transport. Proposal of the methodology works and their evaluation is presented in the form of photos and spreadsheets.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| Seznam použitých značek a symbolů | 8 |
| Úvod..... | 9 |
| 1 Organické povlaky | 10 |
| 1.1 Nátěrové hmoty a nátěry | 11 |
| 1.2 Složení nátěrových hmot | 11 |
| 1.2.1 Filmotvorné složky – pojiva | 11 |
| 1.2.2 Těkavé složky – rozpouštědla | 12 |
| 1.2.3 Pigmenty | 12 |
| 1.2.4 Plnidla | 13 |
| 1.2.5 Aditiva | 13 |
| 1.3 Označování nátěrových hmot | 13 |
| 1.4 Typy nátěrových systémů | 14 |
| 1.4.1 Rozdělení nátěrů podle počtu nátěrových vrstev | 14 |
| 1.4.2 Dělení podle způsobu zasychání | 16 |
| 1.5 Nanášení nátěrových hmot | 21 |
| 1.5.1 Štětcem | 22 |
| 1.5.2 Navalováním | 22 |
| 1.5.3 Máčením | 22 |
| 1.5.4 Poléváním | 23 |
| 1.5.5 Pneumatickým stříkáním | 23 |
| 1.6 Sušení nátěrových hmot | 23 |
| 2 Smaltové povlaky | 27 |
| 2.1 Skelné a krystalické povlaky | 27 |
| 2.2 Definice smaltů | 27 |
| 2.3 Druhy smaltových povlaků | 28 |
| 2.3.1 Základní smalty | 28 |
| 2.3.2 Krycí smalty | 29 |
| 2.3.3 Jednovrstvé (přímé) smalty | 29 |
| 2.4 Podkladové materiály pro smaltování | 29 |
| 2.4.1 Smalty na ocelový plech | 30 |
| 2.4.2 Šedá litina určená ke smaltování | 31 |
| 2.5 Technologický postup smaltování | 31 |
| 2.5.1 Předúprava povrchu | 31 |
| 2.5.2 Nanášení smaltu | 31 |
| 2.5.3 Sušení smaltového nánosů | 33 |
| 2.5.4 Vypalování smaltu | 33 |
| 2.6 Fyzikální vlastnosti smaltů | 34 |
| 2.6.1 Celistvost smaltového povlaku | 34 |
| 2.6.2 Přídržnost smaltu ke kovu | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.6.3 | <i>Mechanické vlastnosti smaltů</i> | 34 |
| 2.6.4 | <i>Tepelné vlastnosti smaltů</i> | 35 |
| 2.6.5 | <i>Optické vlastnosti smaltů</i> | 35 |
| 2.7 | Chemické vlastnosti smaltů..... | 36 |
| 3 | Princip adheze org. a smalt. povlaků ke kovovému substrátu | 37 |
| 3.1 | Oobecně | 37 |
| 3.1.1 | <i>Typy připravovaných povrchů</i> | 38 |
| 3.1.2 | <i>Způsoby přípravy povrchu</i> | 38 |
| 3.1.3 | <i>Stupně přípravy povrchu</i> | 38 |
| 3.1.4 | <i>Postup vizuálního vyhodnocení povrchu oceli</i> | 41 |
| 4 | Návrh metodiky experimentálních prací | 42 |
| 4.1 | Popis experimentálních prací..... | 43 |
| 4.1.1 | <i>Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků</i> | 43 |
| 4.1.2 | <i>Hodnocení povrchu</i> | 43 |
| 4.1.3 | <i>Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů pomocí zubových měrek</i> | 44 |
| 4.1.4 | <i>Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů</i> | 45 |
| 4.1.5 | <i>Zkoušky přilnavosti antikoročního systému</i> | 46 |
| 5 | Výsledky experimentálních prací | 50 |
| 5.1 | Stanovení drsnosti povrchu | 50 |
| 5.1.1 | <i>Vyhodnocení drsnosti na vzorku</i> | 50 |
| 5.2 | Aplikace nátěrů na vzorky | 52 |
| 5.2.1 | <i>Aplikace nátěru VCI-368</i> | 53 |
| 5.2.2 | <i>Aplikace impregnačního povlaku pro transport</i> | 53 |
| 5.3 | Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů | 54 |
| 5.4 | Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů | 55 |
| 5.5 | Zkoušky přilnavosti antikoročního systému | 56 |
| 5.5.1 | <i>Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou</i> | 56 |
| 5.5.2 | <i>Zkouška přilnavosti křížového řezu</i> | 58 |
| 6 | Vyhodnocení experimentálních zkoušek | 60 |
| 6.1 | Vyhodnocení drsnosti povrchů | 60 |
| 6.2 | Vyhodnocení tloušťky suché a mokré vrstvy nátěrového systému | 60 |
| 6.3 | Vyhodnocení zkoušek přilnavosti antikoročního systému | 61 |
| 7 | Ekonomické zhodnocení | 62 |
| 8 | Závěr | 63 |
| 9 | Použitá literatura | 65 |
| 10 | Seznam příloh | 67 |

Seznam použitých značek a symbolů

| Symbol | Význam |
|--------------------------------|--|
| Al | Hliník |
| Al ₂ O ₃ | Oxid hlinitý |
| CaO | Oxid vápenatý |
| ČSN | Česká státní norma |
| EN | Evropská norma |
| ISO | Mezinárodní norma |
| H ₂ O | Voda |
| L | Délka měřeného úseku |
| Mn | Mangan |
| Na ₂ O | Oxid sodný |
| P | Fosfór |
| PbO | Oxid olovnatý |
| Ra | Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm] |
| Rp | Největší výška výstupku profilu [μm] |
| Rq | Kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm] |
| Ry | Nejvyšší výška nerovnosti povrchu [μm] |
| Rz | Maximální výška profilu [μm] |
| Rku | Špičatost posuzovaného profilu [-] |
| Rsk | Šikmost posuzovaného profilu [-] |
| S | Síra |
| Si | Křemík |
| SiO ₂ | Oxid křemičitý |
| SiO ₄ | Křemičitan |
| λ _c | Filtr profilu |
| pH | Stupnice kyselosti |

Úvod

V oblastech jako je stavebnictví, strojírenský průmysl, chemický průmysl, apod., nachází ochranné povlaky značné uplatnění. Výhodou ochranných povlaku je schopnost chránit výrobky před vlivem vnějšího prostředí, jako jsou např. prachové částice, voda, mechy, apod. Ochranné povlaky také zvyšují životnost výrobků a to v řádu několika let, zlepšují kvalitu povrchu a zároveň zlepšují vlastnosti jako je např. žárupevnost, otěruvzdornost, atd.

Důležitou roli hrají u aplikaci ochranných nátěrů způsoby a přípravy povrchu podkladových materiálů. Tyto faktory výrazně ovlivňují adhezi nátěrů na podkladový materiál. Jsou to zejména drsnost podkladového materiálu, způsoby nanášení nátěrů a jejich následném způsobu vytvrzování. Před aplikací samotného nátěru je nutné dbát na přípravu povrchu a zajistit tak co nejlepší možnost přilnavosti nátěrů na podkladový materiál.

V této bakalářské práci je posouzena přilnavost dvou nátěrů, které mají schopnost krátkodobě chránit povrch dílce před případnými vnějšími vlivy a to zejména při transportu. Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část se věnuje vlastnostem organických povlaků, smaltových povlaků a jejich vlivech adheze ke kovovému substrátu. V experimentální části jsou provedeny zkoušky přilnavosti na shodném podkladovém materiálu pro oba nátěry a to slitiny hliníku pro automobilový průmysl.

1 Organické povlaky

Jedním ze způsobů jakým lze zabránit korozi ocelových výrobků a konstrukcí a zároveň tím zvýšit jejich životnost, je ochrana povrchu organickými povlaky na bázi nátěrových hmot a plastů. Ochrana oceli nátěrem patří mezi nejběžnější a ekonomicky nejvhodnější způsoby ochrany výrobků před případnou korozí. Ochranné nátěry zamezují přístupu vody a agresivních složek k povrchu chráněného kovu. Nejsou však nikdy úplně bezpórovité. Proto antikorozní pigmenty a inhibitory koroze zneškodňují agresivní složky, které difundují vrstvou nátěrů k povrchu kovu. Tímto způsobem zpomalují, případně zastavují průběh koroze. Povlaky z plastických hmot neobsahují antikorozní pigmenty. Jelikož jejich mechanismus ochranného působení je bariérový, musí být proto jejich povlaky úplně bezpórovité. [1]

Vývoj a použití nových neustále zdokonalovaných povrchových nátěrů ovlivňuje řada činitelů (např. vlivy na životní prostředí a ekonomika povrchových úprav). Z tohoto pohledu musí organický povlak splňovat tyto požadavky [2]:

- fyziologickou nezávadnost
- nízký (nebo žádný) obsah organických rozpouštědel
- možnost aplikace nezávislé na vlivech okolního prostředí
- rychlé aplikační postupy
- nesmí obsahovat toxické pigmenty (chromany, olovnaté pigmenty)
- nízké náklady na údržbu

Řešení antikorozních organických povlaků je velice složitá problematika. Lze ji však řešit hned několika způsoby [2]:

- použitím bariérových pigmentů
- pigmentací novými ekologickými antikorozními pigmenty
- použitím organických inhibitorů koroze

1.1 Nátěrové hmoty a nátěry

Vytvářením nátěrů chráníme povrch výrobků pomocí nátěrových systémů. Nátěr je hotový, ucelený ochranný povlak jedné nebo několika vrstev zaschlé nátěrové hmoty na povrchu předmětu. Podle účelu následně rozeznáváme jednotlivé typy nátěrů [1]:

- a) ochranný (olejivzdorný, odolný povětrnosti, mořské vodě, chemickému prostředí, vyšší teplotě)
- b) maskovací
- c) signální (pro bezpečnostní návěští)
- d) dekorativní
- e) speciální (elektrovodivý, světélkující)

1.2 Složení nátěrových hmot

Pojem nátěrová hmota je pro všechny výrobky, které jsou používány k provádění nátěrů. Jedná se o různé druhy organických látek, které jsou nanášeny v tekutém nebo těstovitém stavu a vytvoří na předmětu film požadovaných vlastností. Nátěrové hmoty dělíme na [1]:

- a) Transparentní - průhledný nátěrový film, nazývá se lak nebo fermež
- b) Pigmentované - neprůhledný film, nazývá se email (nízký obsah pigmentu), tmel (vysoký obsah pigmentu), barva

Nátěrové hmoty jsou složeny z následujících složek:

1.2.1 Filmotvorné složky – pojiva

Jsou to netěkavé látky, které mají schopnost vytvořit tenkou souvislou vrstvu. Spojují k sobě vazbou rozptýlené částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu. Kombinací různých pojiv se často docílí k požadovaným vlastnostem nátěrů. Filmotvorné látky se od sebe odlišují chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. [1]

Mezi filmotvorné látky patří [1]:

- vysychavé oleje (lněný, konopný, makový aj.)
- deriváty celulózy, kaučuku (nitrocelulóza, metylcelulóza, chlorkaučuk aj.)
- přírodní živice (kalafuna, šelak, jantar aj.)
- umělé živice (rezoly, alкиды, epoxidy, vinylové polymery, silikony, akryláty, polystyrény)
- asfalty (přírodní asfalty, bitumeny, smoly)

1.2.2 Těkavé složky – rozpouštědla

Na rozpouštění pojiv a v procesu aplikace na úpravu jejich viskozity (konzistence) se používají při výrobě nátěrových hmot těkavé složky neboli rozpouštědla. Mezi používané rozpouštědla patří [1]:

- benzíny
- benzén a jeho homology (toluén, xylén)
- alkoholy (metanol, etanol)
- ketony (aceton)
- terpentýnové silice

1.2.3 Pigmenty

Jedná se o organické nebo anorganické částice, které jsou v pojivě jemně rozptýleny. Díky pigmentům získáváme u nátěrů barevný odstín, krycí schopnost, tvrdost, snižují stárnutí nátěrů, zvyšují jeho tepelnou a korozní odolnost. [1]

Pigmenty lze rozdělit do tří skupin [1]:

- Inhibitorové pigmenty – jejich ochranný účinek spočívá v pasivaci povrchu kovu vytvářením těžko rozpustných sloučenin, v regulaci pH a tvorbě inhibičních látek, nebo v elektrochemické ochraně. Jejich použití je v oblasti při výrobě základních nátěrových hmot. [1]
- Neutrální pigmenty – používají se při výrobě vrchních nátěrů na zlepšení jejich fyzikálních vlastností a při výrobě základních nátěrů jako inertní substance. [1]

- Stimulující pigmenty – mají dobrou elektrickou vodivost a jsou chemicky netečné. Nejsou vhodné pro základní nátěry. Používají se na pigmentaci vrchních ochranných nátěrů, protože mají malou chemickou slučivost. Na specifických vlastnostech korozního prostředí, pro které je nátěr určen, závisí výběr pigmentů při vytváření základních a vrchních nátěrů. [1]

1.2.4 Plnidla

Jsou to jemně rozemleté minerální látky (těživec, mastek, křída) nerozpustné v pojivech. Vhodně upravují technologické vlastnosti nátěrového povlaku. Zabraňují např. smrštění filmu po uschnutí, apod. [1]

1.2.5 Aditiva

Jedná se o přísady, které obsahují vysychavé olej a přidávají se do nátěrových hmot. Příkladem aditiv jsou sušidla, emulgátory, stabilizátory, apod. Jejich použití se běžně využívá při výrobě fermeží olejových a glyptalových nátěrových hmot. Základní účinnou složkou jsou kovová mýdla nebo jejich roztoky v organických rozpouštědlech. [1]

1.3 Označování nátěrových hmot

Nátěrové hmoty se značí písmenem, které označuje základní pojivou surovou bázi výrobku a čtyřmístným číslem, které poskytuje informace o druhu nátěrové hmoty. Jednotlivé barevné odstíny jsou označovány dle ČSN 67 3067. [1]

| Skupinové označení nátěrové hmoty | | |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|
| A – asfaltové | K- silikonové | U - polyuretanové |
| B - bezrozpuštědlové | L - lihové | V - vodové a emulzní |
| C - celulózové | O - olejové | P - pomocné přípravky |
| H - chlórkaučukové | S - syntetické | |

| Druh nátěrové hmoty | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1000 - fermeže, transparentní laky | 5000 – tmely |
| 2000 - pigmentové barvy a emaily | 6000 – ředidla |
| 3000 - pasty | 7000 – sušidla, tužidla, katalyzátory |
| 4000 - nástřikové hmoty | 8000 - pomocné přípravky |

| Barevné odstíny dle ČSN 67 3067 | | |
|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 1000-1999 šedé | 4000-4999 modré | 7000-7999 oranžové |
| 2000-2999 hnědé | 5000-5999 zelené | 8000-8999 červené |
| 3000-3999 fialové | 6000-6999 žluté | 9000-9999 ostatní |

Obr. 1 – Značení nátěrových hmot [10]

1.4 Typy nátěrových systémů

1.4.1 Rozdělení nátěrů podle počtu nátěrových vrstev

Nátěrové systémy dělíme podle počtu nátěrových vrstev na:

- Jednovrstvé
- Dvojvrstvé
- Trojvrstvé
- Vícevrstvé

Každá nátěrová vrstva má v nátěrovém systému svou úlohu. Podle pořadí v nátěrovém systému rozlišujeme tyto nátěrové vrstvy:

- základní
- podkladové
- vrchní

Definice těchto vrstev (nátěrů) je popsána v normě ČSN EN ISO 4618.

1.4.1.1 Jednovrstvý nátěrový systém

Použití tohoto systému je pouze ve výjimečných případech. Ve většině případů je pouze tloušťka jediné vrstvy nedostatečná na ochranu povrchu. Jelikož žádná nátěrová vrstva není ve všech místech stejně silná, tak každá vrstva má i svá slabá místa a může obsahovat póry, kterými mohou pronikat z vnějšího prostředí různé plyny, páry a kapaliny. Není však vhodné nanášet zbytečně silné vrstvy nátěru, jelikož s přibývajícím tloušťkou klesá adheze k povrchu materiálu a zároveň stoupá vnitřní pnutí, atd.

1.4.1.2 Dvouvrstvý nátěrový systém

Tento systém se skládá ve většině případů ze základního nátěru a z vrchního nátěru. Základní nátěr tvoří základní, resp. podkladové nátěrové látky. Stejně tak i vrchní nátěr je obdobně vytvořen z vrchních barevných nátěrových látek nebo emailů. Použití tohoto systému je jen na hladký povrch nebo povrchy s menšími požadavky na drsnost, jelikož tyto systémy dokáží odstranit jen velmi malé chyby povrchu. Na předměty, které jsou vystavené vlivům povětrnosti, lze použít jen nátěrové látky, které jsou vhodné kvality.

1.4.1.3 Trojvrstvý nátěrový systém

Složení tohoto systému se skládá ze základního, podkladového a vrchního nátěru. V praxi se ještě podle potřeby mezi základovou a podkladovou vrstvou nanášejí vyrovnávací vrstvy tmelu. Pokud jsou použity správné nátěry, vhodné kvality, jsou tyto trojvrstvé nátěrové systémy vhodné pro nátěry odolné proti povětrnostním vlivům. Pokud je použit vyrovnávací tmel, můžeme docílit kvalitního, rovného a zároveň hladkého povrchu i na původním nerovném povrchu.

1.4.1.4 Vícevrstvý nátěrový systém

Tento systém je složen z několika vrstev a to ze základního, podkladového a vrchního nátěru. Jeho použití je hlavně tam, kde potřebujeme výraznou ochrannou funkci nátěru, jako jsou například předměty vystavené agresivním atmosférickým podmínkám a také na předměty, na které působí chemické vlivy.

1.4.2 Dělení podle způsobu zasychání

- Fyzikálně zasychající nátěry
- Nátěry vytvrzující chemickými pochody
- Oxidačně vytvrzované (zasychající) nátěrové hmoty

1.4.2.1 Fyzikálně zasychající nátěrové hmoty

- Tyto nátěrové hmoty obsahují jako těkavé podíly organická rozpouštědla nebo vodu.

Rozpouštědlem ředitelné nátěrové hmoty

K tvorbě filmu neboli přechodu nátěrové hmoty na nátěr dochází v důsledku odpaření rozpouštědla. Jedná se o pochod vratný, tzn., že povlak zůstává rozpustný v původním rozpouštědle. Typickými pojivy jsou chlorkaučuky, kopolymery vinylchloridu (PVC), akrylátové pryskyřice a vinyly. Jejich doba zasychání závisí mimo jiné na proudění vzduchu a teplotě. Zasychání může probíhat až do teploty 0 °C, ale při nízkých teplotách je mnohem pomalejší. [5]

➤ **Dehty a asfalty**

Černouhelné dehty se získávají destilací z uhlí, dříve z plynáren, ale dnes nejvíce z oceláren. Asfalty jsou v podstatě zbytky z destilace ropy, ale můžeme je získat i z přírodních nalezišť. [2], [9]

Výhody a nedostatky [2], [9]:

- Výborná odolnost vůči vodě,
- špatná odolnost vůči povětrnostním vlivům,
- v případě vystavení slunečnímu záření popraská,
- uspokojivá chemická odolnost,
- špatná odolnost vůči rozpouštědlům,
- výborná penetrace a přilnavost,
- nízké náklady,

- způsobují difúzi barviva z předcházející vrstvy do následující,
- pouze černé nebo tmavé odstíny.

➤ **Chlórkaučuky**

Chlórkaučukové nátěrové hmoty jsou na bázi chlorovaného přírodního kaučuku, nebo jeho derivátů (cyklizovaný kaučuk). Mají nízkou odolnost proti povětrnosti, ale vynikající odolnost proti chemikáliím a minerálním olejům (rostlinné oleje, živočišné tuky a organické kyseliny je rozrušují). Z tohoto důvodu se přidávají k jiným lakařským surovinám, jako jsou např. alkydové pryskyřice, kterým dodávají vyšší chemickou odolnost i rychlejší zasychání. Chlórkaučukové laky a emaily zasychají velmi rychle většinou jen odpařením rozpouštědel a odolávají velmi dobře působení vody, benzínu, minerálních olejů, lihu, zředěných anorganických kyselin a hydroxidů i roztoků solí. Naopak nedostatečně vzdorují působení organických kyselin. Jsou odolné díky své vysoké pružnosti proti mechanickým vlivům. Zároveň jsou však nepříliš odolné proti povětrnosti a rovněž teploty nad 70 °C snášejí chlórkaučukové nátěry špatně. Tyto nátěry se používají jako protikoroziční nátěry, nátěry na beton a ostatní alkalické podklady. [10]

Výhody a nedostatky:

- Dobrá odolnost vůči vodě,
- relativně dobrá odolnost vůči povětrnostním vlivům,
- může zežloutnout a křídovat,
- uspokojivá odolnost vůči alkáliím,
- špatná odolnost vůči živočišným a rostlinným olejům a tukům,
- obsahují změkčovadla, které ovlivňují mnoho vlastností.

➤ **Akryláty**

Vyrábějí se polymerací různých akrylových monomerů. Vlastnosti se mění použitím různých druhů monomerů. Mají mimořádnou odolnost proti povětrnostním vlivům, výborný lesk i dobré mechanické vlastnosti a chemickou odolnost. [5]

Výhody a nedostatky:

- Dobrá odolnost vůči vodě,
- relativně dobrá odolnost vůči povětrnostním vlivům,
- dobrá stálobarevnost,
- malá odolnost vůči živočišným a rostlinným tukům.

➤ **Vinyly**

Vinyly tvoří dosti křehké nátěrové filmy, takže se do nich musí přidávat změkčovadlo.

[10]

Výhody a nedostatky:

- Dobrá odolnost vůči vodě,
- dobrá odolnost vůči povětrnostním vlivům,
- odolnost vůči slabým rozpouštědlům,
- uspokojivá odolnost vůči chemikáliím,
- uspokojivá odolnost vůči živočišným a rostlinným olejům a tukům;
- obsahují změkčovadla,
- relativně rychlé zasychání,

Tabulka 1 – Obecné vlastnosti nátěrových hmot [5]

| Vlastnosti různých typů nátěrových hmot na bázi: | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------|-----------------------|---------|---------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------|
| ○ - Výborná | Vinylníchlorid-polymer | Chlorkaučuk | Akrylátová pryskyřice | Bitumen | Alkydová pryskyřice | Polyuretan (PUR) | Polyester-aromatický | Polyuretan (PUR) | Akrylát alifatický | Epoxidová pryskyřice | Zinksilikát |
| ▲ - Dobrá | | | | | | | | | | | |
| Ø - Špatná | | | | | | | | | | | |
| — - Neuvažuje se | | | | | | | | | | | |
| Hodnocení se mohou pro různé formulace stejného typu pojiva lišit. | | | | | | | | | | | |
| Stálost lesku | ▲ | ▲ | ○ | Ø | ▲ | Ø | ○ | Ø | — | Ø | Ø |
| Stálost barevného odstínu | ▲ | ▲ | ○ | Ø | ▲ | Ø | ○ | Ø | — | — | — |
| Odolnost proti: | | | | | | | | | | | |
| Ponoru ve vodě | ▲ | ▲ | Ø | ○ | Ø | Ø | ▲/Ø | ○ | ▲ | ○ | ○ |
| Dešti / kondenzaci | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Rozpouštědlům | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | ▲ | Ø | ▲ | ○ | Ø | Ø |
| Rozpouštědlům (postřik) | Ø | Ø | Ø | Ø | ▲ | ○ | ○/▲ | ○ | ○ | Ø | Ø |
| Kyselinám | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | ▲ | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |
| Kyselinám (postřik) | ▲ | ▲ | ▲ | Ø | Ø | ▲ | ▲/Ø | ▲ | Ø | ▲ | Ø |
| Louhům | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | ○ | Ø | ▲ | Ø |
| Louhům (postřik) | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | Ø | Ø | ○ | ○ | Ø | ○ | ▲ |
| Odolnost proti suchému teplu: | | | | | | | | | | | |
| 60 ~ 70°C | ○ | ▲/Ø | ○ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Fyzikální vlastnosti: | | | | | | | | | | | |
| Odolnost proti ořezu | Ø | Ø | Ø | Ø | ▲ | ○ | ▲ | ○ | ○ | ▲ | Ø |
| Odolnost proti úderu | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | Ø | ○ | ○ | ▲ | Ø | ○ | ▲ |
| Pružnost | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | Ø | Ø | ▲ | ○ | ○/▲ | Ø | ▲ |
| Tvrдость | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○/▲ | ○ | Ø |
| Způsob nanášení: | | | | | | | | | | | |
| Natíráním | ▲ | ▲ | ▲ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ○ | Ø | ▲ | ▲ |
| Válečkováním | Ø | Ø | Ø | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | Ø | ▲ | ▲ |
| Stříkáním | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 1) Dva symboly v jedné buňce znamenají, že jsou možné podstatné rozdíly, tzn. oba symboly mohou přicházet v úvahu. | | | | | | | | | | | |

1.4.2.2 Nátěry Vytvrzující chemickými pochody

Nátěrové hmoty se obecně skládají ze dvou složek a to ze základní složky a tvrdidla. K tvorbě filmu dochází odpařením obsaženého rozpouštědla, pokud je přítomno, a chemickou reakcí mezi oběma složkami.

Používané typy jsou [5]:

➤ **Dvousložkové epoxidové nátěrové hmoty**

Pojivem tvořícím základní složku jsou polymery s epoxidovými skupinami, které reagují s vhodnými tvrdidly. Typickými pojivy jsou epoxidové pryskyřice. Jako tvrdidla se většinou používají polyaminy, nebo jejich produkty. Polyamidy jsou vhodnější pro základní nátěrové hmoty z důvodu jejich dobrých síťovacích vlastností. Pro vytvrzovací reakci není nutný přístup vzduchu. Doba zasychání závisí mimo jiné na proudění vzduchu a teplotě. Vytvrzovací reakce může probíhat až do teploty +5 °C. [5]

Vytvrzený nátěrový film je tvrdý a odolný vůči opotřebení, ale na slunci rychle křídne. Používají se pro ocelové stavby a pro těžké provozní podmínky. Tvoří dostatečně tvrdé a elastické a značně odolné nátěry proti chemikáliím a organickým rozpouštědlům. [5]

Výhody a nevýhody:

- Dobrá odolnost vůči vodě,
- pevnost a ohebnost,
- odolnost do 120°C,
- dobrá přilnavost,
- odolnost vůči chemikáliím

➤ **Dvousložkové polyurethanové nátěrové hmoty**

Pojivy jsou polymery s volnými hydroxylovými skupinami, které mohou reagovat s vhodným tvrdidlem. Typická pojiva jsou polyesterové pryskyřice, akrylátové pryskyřice, epoxidové pryskyřice, polyethery a fluorové pryskyřice. Jsou-li tvrdidla kombinované s vhodnými základními složkami, dosahují při vytvrzování alifatickými polyisokyanáty vynikajícího lesku a stálosti barevného odstínu. Povlaky vytvrzované aromatickými polyisokyanáty zasychají rychleji, jsou však méně vhodné pro expozici ve vnějších atmosférických podmínkách, mají sklon ke křídovatění a změně barevného odstínu. Pro vytvrzovací reakci není nutný přístup vzduchu. Doba zasychání závisí mimo jiné na proudění vzduchu a teplotě. Vytvrzovací reakce může probíhat i při teplotách 0 °C nebo nižších. Relativní vlhkost musí však být v rozsahu doporučeném výrobcem nátěrové hmoty, jinak může docházet k tvorbě vad, jako jsou puchýře a kráterky. [5]

➤ Nátěrové hmoty vytvrzované vlhkostí

Odpařením rozpouštědla a chemickou reakcí se vzdušnou vlhkostí dochází k tvorbě filmu. Typická pojiva jsou polyurethany, alkylsilikáty, ethylsilikáty (dvousložkové i jednosložkové). Doba zasychání závisí mimo jiné na teplotě a vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu a tloušťce vrstvy. Vytvrzovací reakce může probíhat i při teplotách 0°C, nebo nižších za předpokladu, že vzduch obsahuje ještě vlhkost. [4] [5]

Čím je nižší relativní vlhkost vzduchu, tím pomalejší je vytvrzování. Důležité je dodržení doporučení výrobce nátěrové hmoty ohledně vymezení vlhkosti a relativní vlhkosti vzduchu. Dále je důležité splnění předepsané mokré a suché tloušťky vrstvy, aby byla vyloučena tvorba puchýřů a kráterků v povlaku, stejně jako jeho odlupování. [4] [5]

1.4.2.3 Oxidačně vytvrzované nátěrové hmoty

K tvorbě filmu (přechodu nátěrové hmoty na nátěr) dochází v důsledku odpaření organického rozpouštědla nebo vody a následnou reakcí pojiva se vzdušným kyslíkem. Typická pojiva jsou alkydové pryskyřice, alkydové pryskyřice modifikované uretany, epoxyestery. Doba zasychání závisí mimo jiné na teplotě. K reakci s kyslíkem může docházet i při 0 °C, ale při nízkých teplotách je mnohem pomalejší. [5]

1.5 Nanášení nátěrových hmot

Správná volba technologie nanášení patří mezi nejdůležitější faktory, které rozhodujícím způsobem ovlivňují jakost a celkovou životnost nátěrů. Způsobů nanášení nátěrových hmot je mnoho, každý má své výhody a nevýhody. Proto je nutno při volbě správného způsobu nanášení přihlížet především k povaze nátěrové hmoty, dále k povaze natíraného předmětu a dalším podmínkám, za nichž je nátěr zhotovován. [1]

Hlediska pro volbu technologie nanášení [1]:

- velikost, tvar a množství upravovaných předmětů
- požadované konečné vlastnosti nátěru (vzhled, tloušťka, stupeň korozního namáhání)
- jakost povrchu materiálu (pórovitost, stupeň čistoty)
- vlastnosti použitých nátěrových hmot (rychlost zasychání, tekutost rozpouštědel, slévatelnost, měrná vodivost atd.)
- pracnost a ekonomie jednotlivých technologií nanášení

1.5.1 Štětcem

Je to jeden z nejpoužívanějších způsobů nanášení, patří mezi nejstarší. Vyžaduje řemeslnou zručnost, vhodné odborně udržované kvalitní štětce a závisí na svědomitosti natěračů. Největší předností nanášení základních nátěrů štětcem je, že se dosahuje dokonalého rozpracování nátěrové hmoty - jejího rozetření a přilnutí do pórů materiálu. Tímto se docílí dokonalé přidržnosti nátěru k podkladovému materiálu. Díky tomu, že při tomto způsobu nanášení jsou minimální ztráty nátěrové hmoty, nebylo nanášení štětcem ještě vytlačeno jinými metodami při úpravě konstrukcí, lodí apod. Nevýhodou je značná pracnost. [1]

1.5.2 Navalováním

Tato metoda se používá při nanášení nátěrových hmot na rovinné plochy. Např. dynamové a transformátorové plechy, linolea, papírové lepenky, dřevotřískové desky, dýhy atd. Předností navalování jsou malé ztráty při nanášení (2 – 5 %) a možnost dokonalé mechanizace a automatizace. [1]

1.5.3 Máčením

Do nádrže s nátěrovou hmotou se ponoří máčený předmět a potom se rovnoměrnou rychlostí vynořuje. Po vynoření přebytečná nátěrová hmota steče a zbytek vytvoří nátěr. Namáčecí vana musí být dimenzována tak, aby spotřeba nátěrové hmoty byla minimálně 10 % obsahu vany za směnu. Nátěr je klínovitý. Používá se při povrchových úpravách

předmětů vyráběných velkosériově (odlitky, díly jízdních kol, disky automobilových kol apod.). [1]

1.5.4 Poléváním

Tento způsob nanášení je obdobou máčení. Poléváním je možno nanášet nátěrové hmoty také na velmi rozměrné výrobky. Přitom ztráty a spotřeba nátěrových hmot jsou nižší. Nevýhodou této technologie je klínovitost nátěru, stékance a kapky na hranách. [1]

1.5.5 Pneumatickým stříkáním

Pneumatické stříkání dnes patří mezi nejrozšířenější způsob nanášení nátěrových hmot. Hodí se zvláště na velké plochy, kde se jím dosahuje rovnoměrného nástřiku a velmi hladkého povrchu. Stříkání se dá velmi dobře mechanizovat a automatizovat. Základem všech stříkacích zařízení je stříkací pistole. V ní je proud nátěrové hmoty strháván proudícím stlačeným vzduchem tak, že se vytvoří kužel jemných kapek, které dopadají na stříkaný předmět a slévají se v souvislý povlak. [1]

Nevýhodou této metody je značné rozprašování nátěrové hmoty do vzduchu a ztráty rozpouštědla, protože nátěrová hmota určená ke stříkání musí být dostatečně zředěna. Stříkání se provádí ve stříkacích kabinách. Jejich účelem je omezit rozstřík nátěrové hmoty na nejmenší prostor a zneškodnit unikání těkavých podílů nátěrových hmot. [1]

1.6 Sušení nátěrových hmot

V průběhu vytváření nátěrového filmu z mokrého nátěru probíhají fyzikální a chemické změny, mezi něž patří odpařování těkavých podílů a to zejména rozpouštědel a ředidel. Hlavní součástí těkavého podílu nátěrových hmot jsou rozpouštědla, která tvoří hlavní součást těkavého podílu nátěrové hmoty v dodaném stavu a ředidla, která slouží k úpravě nátěrové hmoty na vhodnou konzistenci, nutnou pro vytváření nátěru zvolenou technologií. Složení ředidel bývá zpravidla odlišné od složení rozpouštědel. Často obsahují ředidla těkavější podíly než použitá rozpouštědla. Procentuální obsah organických rozpouštědel a přidávaných ředidel se pohybuje zhruba v rozmezí 40 až 70 %. [1]

Zasychání nátěru na vzduchu

Nátěrové hmoty na vzduchu zasychají při normální teplotě 20 °C nitrocelulózové, lihové, chlórkaučukové, asfaltové, fermežové, alkydové, polystyrenové, epoxidové, polymerátové, apod., tj. nátěrové hmoty zasychají jak fyzikálně, tak i chemicky. Je třeba vytvořit pro dosažení požadovaných vlastností nátěrových hmot vhodné podmínky pro zasychání. Optimální teplota prostředí pro zasychání nátěrových hmot je 18 až 25 °C. Zasychání se při nižší teplotě 10 až 15 °C zpomaluje. [1]

Je nutné podotknout, že nátěry musí zasychat v bezprašném prostředí, jelikož částice prachu způsobují vzhledové závady a mohou zhoršovat i ochranné vlastnosti nátěru. Taktéž plynné nečistoty v prostředí zpomalují zasychání některých typů nátěrových hmot, zejména oxidačně zasychajících. [1]

Sušení a vypalování nátěrů ohřátým vzduchem

Topnými tělesy se vzduch ohřívá pro sušení, která jsou ohřívána horkou vodou, parou, plynem, olejem, elektrickou energií, apod. Proudění vzduchu je zabezpečováno obvykle pomocí ventilátorů. Se vzduchem se pohybují rovněž nečistoty, proto je nutno dbát na dokonalou čistotu zařízení. Vypalovací pec má být utěsněna proti vnikání prachu a nasávaný vzduch je filtrován. Vypalovací zařízení jsou buď komorová, nebo průběžná. Horký vzduch u obou typů zařízení musí proudit tak, aby výrobky byly dokonale obklopeny cirkulujícím vzduchem. Tunelové pece jsou opatřeny proti unikání vzduchu vzduchovými clonami. Průběžné pece mají několik teplotních zón. V první zóně se teplota pozvolně zvyšuje, pak následuje vlastní vypalovací zóna a závěr tvoří chladicí zóna. [1]

Vypalování nátěrů infračerveným zařízením

Při tomto způsobu ohřevu probíhá vytvrzování nátěru od povrchu kovu k povrchu nátěru (u konvekčního sušení je tomu naopak). Povrch nátěru zůstává delší dobu vláčný, což umožňuje snazší odtékání rozpouštědel a nátěry zasychají, vytvrzují se rychleji a rovnoměrněji v celé tloušťce nátěrového filmu. Tento způsob však nelze použít pro nátěrové hmoty zasychající na vzduchu (alkydové, olejové), jelikož potřebují k zasychání vzdušný kyslík. Vypalovací pece s infračervenými zářiči jsou vybavovány zářiči

s elektrickým ohřevem (žárovkové, panelové, trubkové), plynovým ohřevem, nebo na topný olej. [1]

Výhody vypalování nátěrů infračerveným zařízením [1]:

- Rychlejší přestup tepla zajistí zkrácení doby ohřevu
- Je možné vypalovat nátěry na kovových předmětech větších rozměrů, nebo na kombinovaných předmětech z různých materiálů nesnášejících teplo, neboť lze ozářit pouze některá místa
- Sušárny jsou konstrukčně jednodušší
- Úspornější využití sušícího prostoru, neboť zářiče je možné přizpůsobit tvaru předmětu
- Infračervené sušárny lze snadno zařadit do výrobní linky

Indukční vypalování nátěrů

Tento způsob ohřevu využívá indukovaných proudů v kovových předmětech, které vznikají kmitajícím elektromagnetickým polem o síťovém kmitočtu (50 až 60 Hz), středním (500 až 20 000 Hz) a vysokém (od 50 000 Hz a výše) kmitočtu. Dosáhne se rovnoměrného rozložení tepla po celém povrchu předmětu, kratší dobu vytvrzování, dosažení požadované teploty v kratším časovém úseku a její snadné regulovatelnosti. [1]

Hloubka vniku indukovaných proudů závisí na frekvenci, elektrické vodivosti a permeabilitě ohřívaného materiálu. Při vyšší frekvenci vnikají indukované proudy do menší hloubky. Tento ohřev je vhodný pro tenkostěnné a drobné výrobky, dále pro výrobky tvarově stejné, vyráběné ve velikých sériích. Používá se s výhodou k vypalování nátěrů v kontinuálních linkách na tenkých plechových páslech. [1]

Vytvrzování nátěrů ultrafialovým zářením

Ultrafialovým zářením se vytvrzují speciální typy polyesterových nátěrových hmot s obsahem senzibilizátorů, které umožňují polymeraci při ozáření. Ultrafialovým zářením nelze vytvrzovat pigmentové nátěrové hmoty, jelikož paprsky nemohou pronikat do spodních vrstev nátěrů. [1]

Zdrojem ultrafialového záření jsou speciální nízkotlaké nebo vysokotlaké rtuťové zářiče. Nízkotlaké zářiče jsou rtuťové lampy nebo trubice o příkonu $80 \div 150$ W. Tyto zářiče nevydávají téměř žádné teplo. Doba vytvrzování polyesterových nátěrových hmot se pohybuje mezi $5 \div 10$ [min]. Vysokotlaké zářiče jsou křemenné trubice s náplní rtuťových par s příkonem $2000 \div 5000$ [W]. V porovnání s nízkotlakými zářiči mají vyšší výkon. Teplota zářičů je $400 \div 700$ [°C]. Vytvrzovací doba je při použití těchto zářičů u polyesterových laků pouze $30 \div 60$ [s]. [1]

Hlavní výhodou vytvrzování nátěrů ultrafialovým zářením jsou krátké vytvrzovací časy a tím možnost zkrácení dokončovacích linek. Nátěrové hmoty jsou jednosložkové a odpadá použití katalyzátorů a urychlovačů. [1]

Vytvrzování nátěrů elektronovými zářiči

Elektronovými zářiči je možné vytvrzovat nátěry na rovných a plošných výrobcích, např. na dřevovláknitých deskách, nábytkových dílech, plechových pásech, plastických hmotách, apod. Povrchově upravené výrobky unáší dopravník pod speciální elektronový urychlovač, kde nátěr nanesený na předmětu absorbuje elektrony a probíhá vytvrzovací reakce. Nátěr se vytvrdí bez použití tepla velmi rychle za $1 \div 3$ [s]. Používá se speciálních typů bezrozpouštědlových nátěrových hmot na bázi polyesterů a akrylátů, které snižují i nebezpečí požáru. Těchto zařízení je výhodné použít až při velikých kapacitách a sériích, nejméně 20 m^2 upravované plochy za min. [1]

2 Smaltové povlaky

Sklovité a keramické povlaky chrání podkladový materiál (kov, keramiku) před vlivy okolního prostředí. Jedná se o smalty a glazury na bázi silikátových skel, dále o keramické (nejčastěji oxidické) povlaky nanášené obvykle žárovým stříkáním na kovový nebo i nekovový materiál. Pojem smalt se používá pro povlaky na kovovém podkladě, pojem glazura pro obdobné povlaky na keramických výrobcích. [1]

2.1 Skelné a krystalické povlaky

Smalty a glazury se nanášejí většinou v podobě vodních suspenzí sklovitých fází nebo také práškových částic a vypalováním vznikne sklovitý povlak, který prostřednictvím adheze mezivrstvy pevně lpí na podkladu. Vrstvy z keramických fází oxidických, karbidických, nitridických nebo kombinovaných lze vytvořit žárovým stříkáním po roztavení v plynovém nebo plazmovém hořáku. [1]

2.2 Definice smaltů

Smalt je sklo komplikovaného chemického složení, které je nataveno na kov a vytvoří s ním integrovaný kompozitní systém. [1]

Vrstva smaltu je svou podstatou technické sklo složitého chemického složení. Smalt je typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jeho ochranná funkce spočívá ve vytvoření nepropustné celistvé vrstvy, natavené na podkladovém kovu, která izoluje kov od agresivního prostředí. [1]

Základem struktury smaltu je sklo, což je amorfní pevná látka, jež vznikla obvykle ztuhnutím taveniny bez krystalizace. Na rozdíl od krystalických látek (např. keramiky) postrádá struktura skla pravidelné uspořádání (translační souměrnost) na delší vzdálenosti, odpovídající několikanásobku rozměrů elementárních stavebních jednotek mřížky. Tento základní rozdíl mezi strukturou skel a krystalických látek lze ukázat na SiO_2 , který je znám ve stavu skelném i krystalickém. [1]

Základem struktury skla je nepravidelná mřížka tvořená tetraedry SiO_4 . Mřížka se vyznačuje neuspořádaností, makroskopicky se sklovitý povlak projevuje jako amorfní. Dominujícím prvkem v křemičité struktuře smaltu je kyslík, který převážně vyplňuje jeho objem. [1]

2.3 Druhy smaltových povlaků

Základní složkou pro přípravu smaltového povlaku je smaltéřská fritta, která určuje jeho funkční i technologické vlastnosti. Je to sklovitý anorganický materiál (granule nebo šupinky), vzniklý prudkým ochlazením skloviny speciálního chemického složení. Vyrábí se tavením směsi smaltéřských surovin (kmene) do ne zcela homogenního stavu a prudkým ochlazením. [1]

Chemickým složením frity se ovlivňuje většina vlastností smaltového povlaku. [1]

Podle tohoto složení a druhu kovu, pro který je povlak určen, se smalty dělí na [1]:

- smalty na ocelový plech
- smalty na litinu
- smalty na neželezné kovy

Dále se smalty dělí na [1]:

- smalty základní
- smalty krycí
- smalty jednovrstvé

Aplikace dvouvrstvého systému je běžnou technologií smaltování oceli, tj. základního smaltu (nataveného přímo na kov) a krycího (funkčního) smaltu. Velmi efektivní je jednovrstvé smaltování. U jednovrstvého smaltování je funkční smalt přizpůsoben pro přímé natavení na kov. Tímto se sníží spotřeba materiálu a energie, zvýší se hospodárnost procesu a v některých případech se zlepší i funkční vlastnosti. [2]

2.3.1 Základní smalty

U základních smaltů je základní funkcí vytvoření přídržné mezivrstvy mezi kovem a smaltovým povlakem. Základní smalty jsou obvykle málo chemicky odolné a s malou celistvostí, proto nemohou být použity jako funkční povlak. Při konvenčním způsobu smaltování se pracuje většinou s dvouvrstvým systémem povlaku. Po nanesení a vypálení základního smaltu se na něj nanese krycí smalt a ten se znovu vypálí. Tloušťka nánosů

základního smaltu při technologii konvenčního smaltování má být co nejmenší (po vypálení 80 - 120 μm). [1] [2]

2.3.2 Krycí smalty

Krycí smalt je funkčním povlakem, který je nositelem požadovaných vlastností povlaku. Podle typu použité frity rozdělujeme krycí smalty na [1]:

- smalty zakalené, bílé nebo barevné - po úpravě frit ve smaltovně se nepřidávají kalicí nebo barvicí přísady – smalty obvykle tmavých barev
- smalty polotransparentní (polozakalené) - u nich je nutná částečná úprava suspenze při mletí – pastelové nebo méně intenzivní barvy
- smalty transparentní - optické vlastnosti smaltu se upravují přísadami na mlýně (přídavkem barvicích oxidů) – smalty intenzivních barev

2.3.3 Jednovrstvé (přímé) smalty

Jsou speciálním typem smaltů základních nebo krycích, u kterých je složení frity upraveno tak, aby při nanášení přímo na ocelový plech byla zajištěna dostatečná přidrženost ke kovu a požadované funkční vlastnosti odpovídaly požadavkům na povlak. Tyto smalty lze podle potřeby nanášet i v několika vrstvách.

2.4 Podkladové materiály pro smaltování

Podkladovým kovem pro aplikaci smaltových vrstev se používá zejména [2]:

- ocelový plech
- šedá litina
- neželezné kovy (hliník a jeho slitiny, měď a mosaz) - složení smaltu na tyto kovy musí být přizpůsobeno jejich koeficientu teplotní roztažnosti.

2.4.1 Smalty na ocelový plech

Ocelové plechy, které jsou určeny pro smaltování, musí splňovat řadu požadavků. Tyto požadavky vyplývají z technologie výroby daného výrobku a z vytvoření souvislého povlaku. Ocel ke smaltování musí obsahovat minimální množství nežádoucích příměsí, nekovových vměstků a plynů. Doprovodné a legující prvky musí být rozloženy rovnoměrně. Množství defektů (dvojitost, lunkry, trhliny) musí být minimální. [2]

Podmínky, které má splňovat smaltovatelná ocel, můžeme obecně definovat takto [2]:

- ocel musí být nízkouhlíková s minimálním obsahem příměsných prvků: Si, S, P, Al, Mn,
- musí být dostatečně odolná proti deformaci za tepla,
- musí být dobře mořitelná (tenké plechy),
- musí být dobře svařitelná,
- nesmí mít sklon k tvorbě vodíkových vad ve smaltu (např. tzv. rybích šupin), zejména při oboustranném smaltování,
- musí vykazovat homogenní strukturu, nesmí obsahovat vměstky, zaválcované okraje a jiné nečistoty.

Běžná smaltovatelná ocel patří k podeutektoidním nízkouhlíkovým ocelím. Velmi příznivě působí na smaltovatelnost oceli nikl. Nejlépe pro smaltování vyhovují neuklidněné oceli, které vykazují poměrně čistý povrch plechu. Smaltovatelnost ocelí z kontinuálního odlévání byla vyřešena vytvořením jemných cementitických částic ve struktuře, které vytváří tzv. pasti pro uchycení vodíku, který pak nemá možnost difundovat k fázovému rozhraní a vytvářet defekty v povlaku. [1]

Spolupůsobení vodíku s kovem v procesu vytváření sklovitých smaltových povlaků

Vodík způsobuje typické vady ve smaltu – tzv. rybí šupiny. Tato vada se projevuje tak, že vrstvy smaltu odprýskávají v podobě šupin, čímž se vytváří prohlubně, které jsou na jedné straně skoro rovné a na druhé straně polokruhovitě. [1]

Zdrojem vodíku je voda z pecní atmosféry, ale hlavně ze složek smaltového nánosu, který obsahuje volnou i vázanou H_2O . Vodík je přítomen v oceli také z hutní výroby a z procesů předúpravy (moření). [1]

2.4.2 Šedá litina určená ke smaltování

Pro smaltování se používá pouze šedá litina s perlitickou základní strukturou. Při tepelném zpracování smaltu se perlitická struktura mění na feritickou strukturu s rovnoměrně rozděleným lamelárním grafitem. Šedá litina musí být bez pórů, trhlin a dalších necelistvostí. Po otryskání musí mít středně drsný rovnoměrný povrch. Z konstrukčního hlediska je vhodné volit pro smaltování odlitky s rovnoměrnou tloušťkou [1].

2.5 Technologický postup smaltování

Složitost tohoto procesu je dána značně rozdílným průběhem teplotních závislostí změn fyzikálních a chemických vlastností obou fází systému kov-smalt. V technické praxi je technologie smaltování charakterizována jednotlivými operacemi, které na sebe chronologicky navazují a jejichž výsledkem je pevné spojení obou fází systému při vyhovující kvalitě smaltového povlaku na podkladovém kovu. [2]

2.5.1 Předúprava povrchu

Účelem předúpravy kovu před smaltováním je kromě očištění povrchu kovu od nečistot, také moření za účelem zdrsnění povrchu. Zvláště důležité je moření před tzv. jednovrstvým smaltováním, kde hovoříme o tzv. úběrovém moření, které předchází v tomto případě bezproudovému niklování. [1]

2.5.2 Nanášení smaltu

Způsob nanášení smaltu závisí na rozmanitosti a složitosti vyráběného sortimentu výrobků a také na úrovni dané výrobní kapacity. [1]

2.5.2.1 Máčení

Jde o konvenční metodu, která se používá u výrobků menších rozměrů a to převážně na aplikaci základního smaltu. Rovnoměrnost a kvalita nánosu je závislá na reologických vlastnostech smaltové břečky. Hlavní výhodou této metody je, že se prakticky pracuje bez ztrát smaltu. Při smaltování náročnějších výrobků je nutné polohování namořeného výrobku v prostoru, což je možné jen při velkosériové výrobě za pomoci složitých jednoúčelových zařízení. [1]

2.5.2.2 Polévání

Tato metoda se používá nejčastěji při aplikaci krycích smaltů u tvarově náročných výrobků. Provádí se většinou ručně, je velmi namáhavá a vyžaduje odbornou kvalifikaci pracovníků. Tuto metodu se povedlo mechanizovat a má velký významný pokrok při nanášení smaltů u smaltovaného nádobí. [1]

2.5.2.3 Stříkání

Jedná se o velmi rozšířenou metodou nanášení smaltů, která není citlivá na reologické vlastnosti smaltové břečky. Používá se především na rozměrné a tvarově náročné výrobky. Kvalita povrchu se odvíjí od kvalifikace pracovníků. Tato metoda byla velmi úspěšně robotizována. Hlavní nevýhodou je vysoký odpad smaltu v důsledku prostříku a znehodnocování pracovního a životního prostředí. [1]

2.5.2.4 Elektroforetické nanášení

Jde prakticky o máčení výrobků, přičemž tvorba rovnoměrné vrstvy není závislá na reologických vlastnostech suspenzí, ale je funkcí orientace elektricky nabitých částic smaltu ve vodním prostředí, které se pohybují směrem k nanášenému výrobku, jenž má opačný náboj. Tato metoda je velmi náročná na technologické vybavení a vyžaduje nové formulace aplikovaných smaltů. Pracuje bez ztrát smaltů a dosahuje vysokých kvalitativních vlastností nánosu. [1]

2.5.2.5 Nanášení smaltu v elektrickém poli vysokého napětí

Vychází z klasického stříkání. Využívá se elektrického pole, kdy částice smaltu získají elektrický náboj a pohybují se k výrobku s opačným nábojem. To má za výsledek snížené ztráty prostřikem a vytváří se rovnoměrnější nános (oproti klasickému stříkání). Tato metoda byla nejdříve vyvinuta pro stříkání smaltovou břečkou (tzv. mokrý způsob). Nyní se nanáší suché smaltové prášky v elektrickém poli vysokého napětí. Výhodou této metody je zjednodušení celého výrobního procesu smaltování a snížení materiálovou spotřebu a zároveň šetří energii. [1]

2.5.3 Sušení smaltového nánosu

Před vypalováním se musí smalt nanesený na výrobek mokrým způsobem vysušit, aby během vypalování nedocházelo k bouřlivému odpařování a tím k tvoření puchýřů. Sušení se provádí při teplotách v rozmezí $80 \div 100$ °C v komorách nebo kontinuálních sušících zařízeních. Sušení smaltového nánosu by mělo následovat ihned po nanesení suspenze. [1]

2.5.4 Vypalování smaltu

Vypalování je závěrečnou operací smaltování, které vede k vytvoření požadovaného sklovitého povlaku na kovovém podkladu. Suchý smaltový nános se vypaluje při teplotách v rozmezí $800 \div 900$ °C. Při této teplotě vzniká sklovitá vrstva s dobrou přídržností ke kovu. Při vypalování základních smaltů jsou rozhodující reakce, jejichž výsledkem je pevné spojení obou fází. Vypalování krycího smaltu má vést k vytvoření smaltového povlaku požadovaných funkčních a estetických vlastností. [1]

2.6 Fyzikální vlastnosti smaltů

Z fyzikálních vlastností jsou u smaltů významné zejména:

- celistvost povlaku
- přídržnost smaltu ke kovu
- mechanické vlastnosti
- termické vlastnosti
- optické vlastnosti
- elektrické vlastnosti

2.6.1 Celistvost smaltového povlaku

Celistvý smaltový povlak je základním předpokladem vhodných funkčních vlastností smaltu, zejména jeho protikorozi odolnosti. Schopnost smaltu vytvořit celistvý povlak při jeho natavování na podkladový kov a stupeň jeho vypálení, se obvykle sleduje vizuálně nebo stanovením elektroizolačních vlastností. [2]

2.6.2 Přídržnost smaltu ke kovu

Podstatou přídržnosti jsou fyzikálně chemické reakce na fázovém rozhraní kov – smalt. [2]

2.6.3 Mechanické vlastnosti smaltů

Sklovité a keramické materiály jsou charakteristické nízkou úrovní lomové houževnatosti. U těchto materiálů jsou vazby mezi atomy směrového charakteru (iontové, kovalentní). V závislosti na podílu krystalické a sklovité fáze jsou značně ovlivňovány jejich mechanické vlastnosti. Značný význam má pórovitost povlaku. [1]

Pevnost v tahu u sklovitých smaltů je podstatně nižší než pevnost v tlaku a dosahuje pouze $70 \div 90$ [MPa]. Pevnost v tlaku je $700 \div 1300$ [MPa]. Mechanické vlastnosti závisejí na poměru tloušťky smaltu k tloušťce podkladového kovu. [1]

Tvrdost je podle Mohsovy stupnice u smaltů mezi 5. stupněm (apatit) a 7. stupněm (křemen). Tvrdost povlaku je závislá zejména na chemickém složení frity. Tvrdost je tím větší, čím větší je obsah oxidu křemičitého ve fritě. [1]

Odolnost proti abrazi vyplývá z tvrdosti smaltu. Stupeň abraze závisí na chemickém složení smaltu, na tloušťce povlaku, stupni jeho vypálení, na druhu abrazivních látek a na způsobu jejich působení. Mechanické napětí v systému kov-smalt vzniká v důsledku rozdílných fyzikálních vlastností podkladového kovu a smaltu a to zejména rozdílné teplotní roztažnosti a modulu pružnosti, mechanické napětí. Odolnost proti mechanickému nárazu se stanovuje jako kinetická energie, při jejímž působení smalt ještě zůstává celistvý. Předepisuje se hodnota kinetické energie při úderu kulového vrchlíku v rozmezí 0,3 - 0,5 J. [1]

2.6.4 Tepelné vlastnosti smaltů

Tepelná vodivost sklovitých smaltů je malá, její hodnota závisí na tloušťce a složení povlaku, jeho struktuře a celistvosti. [1]

Důležitou vlastností smaltu je jeho tepelná roztažnost. Obecně platí, že alkálie a fluoridy součinitel teplotní roztažnosti zvyšují, oxidy křemičité, hořečnatý, boritý jej značně snižují. Tepelná roztažnost smaltu musí být vyšší než roztažnost kovu, na němž je smalt nanesen, čímž se vyloučí tahová napětí ve smaltovém povlaku. [1]

Z hlediska tepelné odolnosti smaltových povlaků je třeba přihlédnout ke specifickým vlastnostem skel, které nemají výrazný bod tání a přecházejí během zahřívání plynule z pevného do viskózního a později do vysoce viskózního stavu. Běžné smalty snášejí dlouhodobě teploty v rozmezí $400 \div 500$ °C, speciální žáruvzdorné smalty odolávají teplotám $900 \div 1100$ °C. [1]

2.6.5 Optické vlastnosti smaltů

2.6.5.1 Barevná charakteristika smaltů

Přísadou barvicích oxidů při tavbě frity, nebo v průběhu přípravy suspenze mletím, lze dosáhnout prakticky neomezené škály barevných odstínů. Pro určení barevných vlastností jsou podle Mezinárodní komise pro osvětlení důležité tři veličiny a to trichromatické souřadnice x, y a světlost Y. [2]

2.6.5.2 Lesk smaltů

Lesk smaltu lze rozdělit do tří skupiny a to:

- Lesklé
- Matové
- Polomatové

Stupeň lesku je ovlivňován chemickým složením smaltu, zejména na obsahu oxidu boritého a alkálií a na vstupní vypálení [2]

2.7 Chemické vlastnosti smaltů

Korozní vlastnosti smaltů

Vysoká chemická odolnost patří mezi základní příznivé vlastnosti sklovitých smaltů. Korozní napadení smaltových povlaků na rozdíl od kovů je důsledkem výhradně chemických procesů a dochází k jejich rozpouštění nebo vyluhování. Křivky závislosti rychlosti koroze na čase různých druhů smaltů mají vesměs parabolický průběh. Odolnost smaltů proti roztokům minerálních kyselin závisí do značné míry na schopnosti hydrolýzy a rozpustnosti součástí smaltu. Kyselinovzdornost smaltu zvyšují např. SiO_2 , Al_2O_3 , naproti tomu oxidy Na_2O , PbO , CaO kyselinovzdornost značně snižují. Velmi silně napadají smalty alkalické roztoky, které štěpí síť SiO_4 , v důsledku čehož přechází sklo do roztoku. Z těchto důvodů se používají jako alkalivzdorné smalty nízkosilikátová skla. Odolnost smaltových povlaků proti působení vody je závislá na rychlosti reakce, při níž dochází k výměně iontů alkalických kovů. Smaltový povlak velmi dobře odolává atmosférické korozi. Koroze smaltu v atmosférických podmínkách začíná adsorpcí H_2O na povrchu a pokračuje procesem vyluhování částic skla. Výrazně vyšší korozní odolnost lze dosáhnout u smaltových povlaků, které obsahují ve sklovité fázi určitý podíl krystalické fáze. [1]

3 Princip adheze org. a smalt. povlaků ke kovovému substrátu

3.1 Obecně

Funkčnost ochranných povlaků vytvořených z nátěrových hmot a podobných výrobků nanesených na ocelový podklad závisí významně na stavu ocelového povrchu bezprostředně před jejich nanášením. Základní faktory, které ovlivňují plnění jejich funkce, jsou [6]:

- přítomnost rzi a okují,
- přítomnost nečistot na povrchu včetně solí, prachu, olejů a mastnot,
- profil povrchu.

Mezinárodní normy ISO 8501 (vizuální vyhodnocení čistoty povrchu), ISO 8502 (zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu) a ISO 8503 (charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových povrchů) se zabývají metodami hodnocení těchto faktorů, zatímco co ISO 8504 (metody přípravy povrchu) je vodítkem pro určení nejvhodnější metody pro čištění ocelových podkladů, s vyznačením schopnosti dosáhnout určeného stupně čistoty. [6]

Každá z uvedených norem se dále dělí na jednotlivé části.

Dle ISO 8501 jsou specifikovány čtyři stupně zarezavění povrchu označené A, B, C a D, definované slovním popisem spolu s reprezentativními fotografickými příklady. [7]

A – povrch oceli je téměř úplně pokryt pevně ulpívající vrstvou okují, ale v podstatě bez viditelných stop rzi,

B – povrch oceli s počínající vrstvou rzi a odlupujícími se okujemi,

C – povrch oceli, ze kterého již okuje odkorodovaly nebo jsou odstranitelné kartáčováním, který však vykazuje pouze ojedinělou důlkovou korozi při prohlídce bez zvětšení.

D – povrch oceli, ze kterého již okuje odkorodovaly a který vykazuje důlkovou korozi při prohlídce bez zvětšení.

Stupně degradace dříve natřených povrchů se hodnotí dle ISO 4628 část 1 až 6. Názvy a definice pro přípravu povrchu a způsoby aplikace jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 4618-3.

3.1.1 Typy připravovaných povrchů

Povrchy určené pro přípravu povrchu mohou být rozděleny následovně:

- a) *Nenatřené povrchy*
 - hodnotí se dle ISO 8501-1
- b) *Pokovené povrchy*
 - patří sem např. žárově stříkané povrchy (ISO 2063), povrchy získané ponorem do roztaveného zinku (ISO 1461), galvanicky pokovené povrchy apod.
- c) *Povrchy natřené dilenským základem*
- d) *Povrchy s jinými nátěry*

3.1.2 Způsoby přípravy povrchu

Olej, mastnoty, soli, prach a podobné znečišťující látky musí být, pokud možno před následující přípravou povrchu, odstraněny použitím vhodného způsobu. Navíc může být nezbytné předběžné odstranění pevně přilnavé rzi a okujů vhodným ručním nebo mechanizovaným způsobem. V případě čištění oceli opatřené kovovým povlakem, není nezbytně nutné odstranit neporušený kov. [8]

- **čištění vodou, rozpouštědly a chemické čištění** - čištění vodou, parou, emulzní a alkalické čištění, čištění organickými rozpouštědly, čištění pomocí chemických konverzních prostředků, odstraňování starých nátěrů, moření v kyselině.
- **mechanická příprava povrchu včetně tryskání** - čištění pomocí ručního nářadí, mechanizované čištění, otryskávání (suché, vlhké a mokré), otryskávání vodou.
- **čištění plamenem**

3.1.3 Stupně přípravy povrchu

Dle ISO 8501-1 je specifikována řada stupňů přípravy povrchu vztahujících se k metodě přípravy a stupni čištění. Stupně přípravy povrchu jsou definovány slovním popisem vzhledu po operaci čištění spolu s reprezentativními fotografickými příklady. Každý stupeň přípravy je označován písmeny „Sa“, „St“ nebo „Fl“ pro indikaci použité metody čištění. Číslo, pokud následuje, označuje stupeň očištění od okujů, rzi a předchozích nátěrů. [8]

Otryskávání (Sa)

Příprava povrchu otryskáváním je označována písmeny „Sa“. Před otryskáváním mohou být tlusté vrstvy rzi odstraněny oklepáváním. Musí být odstraněny i oleje, mastnoty a nečistoty. Po otryskání musí být odstraněn ulpělý prach a drť. [7]

Popis metod přípravy povrchu otryskáváním včetně postupu před a po otryskáváním, viz norma ČSN EN ISO 8504-2.

Tabulka 2 – Stupně otryskávání [7]

| | | |
|--------------|--|--|
| Sa 1 | Lehké otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek (viz poznámku 1 k 3.1). Viz fotografie B Sa 1, C Sa 1 a D Sa 1. |
| Sa 2 | Důkladné otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé nečistoty musí být pevně přilnavé (viz poznámku 2 k 3.1). Viz fotografie B Sa 2, C Sa 2 a D Sa 2. |
| Sa 2½ | Velmi důkladné otryskání | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistot musí vykazovat pouze lehké zabarvení ve formě skvrn nebo pruhů. Viz fotografie A Sa 2½, B Sa 2½, C Sa 2½ a D Sa 2½. |
| Sa 3 | Otryskání až na vizuálně čistý ocelový povrch | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Povrch musí mít jednotný kovový vzhled. Viz fotografie A Sa 3, B Sa 3, C Sa 3 a D Sa 3. |

Ruční a mechanizované čištění (St)

Příprava povrchu ručním a mechanizovaným čištěním jako je škrábání, kartáčování, mechanizované kartáčování a broušení je označována písmeny „St“. Před ručním mechanizovaným čištěním mohou být tlusté vrstvy rzi odstraněny oklepáváním. Musí být odstraněny oleje, mastnoty a nečistoty. Po ručním a mechanizovaném očištění musí být odstraněn ulpělý prach a cizí látky. [7]

Popis metod přípravy povrchu ručním a mechanizovaným způsobem včetně postupu před a po čištění viz ISO 8504-3. [7]

Tabulka 3 – Stupně ručního a mechanizovaného čištění [7]

| | | |
|-------------|---|--|
| St 2 | Důkladné ruční a mechanizované čištění | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek (viz poznámku 1 k 3.1). Viz fotografie B St 2, C St 2 a D St 2. |
| St 3 | Velmi důkladné ruční a mechanizované čištění | Jako u St 2, ale povrch musí být očištěn mnohem důkladněji, aby získal kovový odstín daný podkladem. Viz fotografie B St 3, C St 3 a D St 3. |

V tabulce 3 není zahrnut stupeň čištění St 1, neboť odpovídá povrchu, který je pod nátěry nevhodný. [7]

Čištění plamenem (Fl)

Příprava povrchu čištěním plamenem je označována písmeny „Fl“. Z důvodu odstranění vzniklých produktů zahrnuje čištění plamenem v konečné fázi mechanizované kartáčování. Ruční kartáčování neposkytuje dostatečně vyhovující podklad pro následné nátěry. Před čištěním plamenem musí být odstraněny tlusté vrstvy rzi oklepáním. Po očištění plamenem musí být povrch obroušen pomocí mechanizovaných kartáčů. [5] [7]

Tabulka 4 – Čištění plamenem [7]

| | | |
|-----------|-------------------------|---|
| Fl | Čištění plamenem | Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných okují, rzi, nátěrů a cizích látek (viz poznámku 1 k 3.1). Všechny zbylé nečistoty se musí jevit pouze jako barevné změny na povrchu (odstíny různých barev). Viz fotografie A Fl, B Fl, C Fl a D Fl. |
|-----------|-------------------------|---|

Moření v kyselině (Be)

- Příprava povrchu mořením v kyselině je označována písmeny „Be“. [8]

Strojní broušení dříve natřených povrchů (Ma)

- Příprava povrchu strojním broušením je označována písmeny „Ma“. [8]

Dle ČSN EN ISO 12944-4 se rozlišují dva základní typy přípravy povrchu:

Primární (celková) příprava povrchu (úprava celého povrchu až na čistý kov). Tento postup přípravy povrchu spočívá v odstranění okují, rzi, stávajících nátěrů a znečišťujících látek. Po očištění tvoří celý povrch čistý kov. (stupeň přípravy: Sa, St, Fl, Be) [8]

Částečná příprava povrchu (ponechává na povrchu neporušené organické a kovové povlaky). Tento postup přípravy povrchu spočívá v odstranění rzi a znečišťujících látek, a zachování neporušených nátěrů nebo kovových povlaků. (stupeň přípravy: P Sa, P St, P Ma) [8]

3.1.4 Postup vizuálního vyhodnocení povrchu oceli

Ocelový povrch se porovnává s fotografickými vyobrazeními dle ISO 8501 na denním rozptýleném světle nebo na umělém světle s ekvivalentní svítivostí, bez použití zvětšení. Odpovídající vyobrazení se přiloží na stejnou úroveň do blízkosti hodnoceného povrchu. [7]

Pro určení stupně zarezavění se zaznamenává evidentně nejhorší stupeň. Jako výsledek hodnocení stupně přípravy povrchu se zaznamenává vzhled nejbližší odpovídající hodnocenému povrchu. ISO 8501-1 poskytuje fotografie a slovní popis specifikující velký počet stupňů přípravy povrchu. Polovina fotografií ukazuje povrchy oceli, které byly podrobeny otryskávání abrazivy obsahujícími křemenný písek. [5]

Množství abrazivních prostředků užívaných k otryskávání bylo příčinou ke zpracování informativního doplňku k ISO 8501-1. Jelikož některé z těchto abraziv zanechávají stopy na otryskaném povrchu, může jejich zbarvení měnit vzhled otryskávaného povrchu. Všeobecně po použití temně zbarvených abraziv, jako např. struska z rafinace mědi nebo vysokopecní struska, je povrch tmavší a matnější než po použití písku. Některá tvrdá kovová abraziva, která sama nejsou černá, vedou rovněž k temnému zbarvení povrchu tvořenému stíny od hlubokých důlků na povrchu po otryskání. Navíc používání křemenného písku k otryskávání podléhá řadě zákonných omezení v mnoha zemích a jeho zařazení mezi fotografické příklady v ISO 8501-1:1998 by se nemělo chápat jako svolení k jeho používání. Tento informativní doplněk uvádí reprezentativní fotografické příklady nízkouhlíkové oceli stupně zarezavění C, čištěné otryskáním na stupeň přípravy Sa 3, za použití šesti různých běžně používaných (kovových i nekovových) abraziv. Pro porovnání je na fotografii přiložen také reprezentativní snímek původního povrchu oceli, tj. oceli před přípravným očištěním. [5]

4 Návrh metodiky experimentálních prací

Experimentální práce budou mít následující sled činností:

- 1) Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků.
- 2) Hodnocení povrchu vzorků.
 - Stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287 (drsnoměr Mitutoyo Surftest – 301)
- c) Aplikace nátěru VCI-368 (označení „AC“)
 - Nanášení štětcem
 - Stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
 - Stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- d) Aplikace impregnační povlak pro transport (označení „AR“)
 - Nanášení štětcem
 - Stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
 - Stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- e) Zkouška přilnavosti antikorozního systému
 - Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2
 - Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2

4.1 Popis experimentálních prací

4.1.1 Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků

Na zkušební vzorky se použil jeden druh materiálu, a to slitina hliníku pro automobilový průmysl v počtu dvou zkušebních plechů o rozměrech vzorku 100 x 100 x 1,5 mm.



Obr. 2 – Fotodokumentace vzorku

4.1.2 Hodnocení povrchu

Soubor nerovností povrchu na relativně malé vzdálenosti, které vznikají při výrobě nebo jiným způsobem, nazýváme drsnost. Do drsnosti nepatří vady povrchu, tj. náhodné nerovnosti, které se vyskytují jen ojediněle a vznikají vadami daného materiálu. [11]

Specifikace a základní požadavky na drsnost povrchu jsou vyjadřovány charakteristickou drsností povrchu podle ČSN EN ISO 4287. Mezi důležité parametry patří [11]:

- Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm],
- Ry – nejvyšší výška nerovnosti povrchu [μm],
- Rz – maximální výška profilu [μm],
- Rq – kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm],
- Rp – největší výška výstupku profilu [μm],
- Rsk – šikmost posuzovaného profilu,
- Rku – špičatost posuzovaného profilu [-].

Základní struktura povrchu je rozdělena na složky, které se rozlišují podle rozteče příslušných nerovností. Geometrické parametry definuje norma ČSN EN ISO 4287 a jsou to [11]:

- R pro drsnost povrchu
- W pro vlnitost povrchu
- P pro základní profil

4.1.3 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů pomocí zubových měrek

Tloušťka nátěru je základní nepřímý indikátor očekávané účinnosti provedené ochrany proti působení vlivů okolní atmosféry a stanovuje se za pomoci zubových měrek dle normy ČSN EN ISO 2808. [11]

Významnost, přesvědčivost a způsobilost výpovědi naměřeného údaje tloušťky závisí:

- a) Na druhu povlaku,
- b) na mechanismu jeho ochranného působení. [11]

Tloušťka ovlivňuje:

- a) Bariérový efekt povlaku,
- b) jeho bezchybnou celistvost
- c) pórovitost,
- d) fyzikálně chemické vlastnosti. [11]

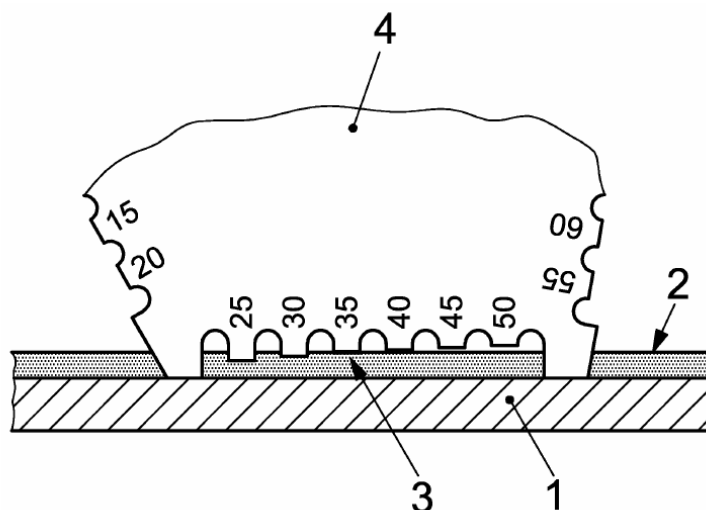
Metoda mokré stopy:

- a) Měření mokrého povlaku,
- b) odvalovací kotouč nebo měřicí pravítko
- c) je nutno provádět ihned po nanesení nátěrové hmoty – vzhledem k tékání rozpouštědel se tloušťka povlaku rychle mění. [11]

Nátěrový systém musí být nanesen na čistý povrch vzorku. Použitý nátěrový systém musí být namíchán v doporučeném poměru, který stanovuje výrobce. [11]

Popis měřicího přístroje

Měřicí hřeben je plochá deska z korozivzdorné oceli, která není napadána rozpouštědly nátěrové hmoty. Tvoří ji vnější a vnitřní zuby okolo krajů. Vnější zuby hřebenu tvoří základní linii a vnitřní zuby jsou postupně zkracovány tak, že tvoří odstup mezi základní linií zubů a daným zubem. Tuto velikost odečítáme na stupnici měřicího přístroje. Každý zub je popsán odpovídající hodnotou mezery. Bezprostředně po aplikaci nátěrové hmoty se hřeben pevně přitiskne k základnímu podkladu tak, aby jeho zuby přilnuly kolmo k rovině povrchu. Následně hřeben oddálíme a určí se nejkratší zub, který je zanesen nátěrovou hmotou. Maximální tloušťka, kterou lze měřit měřícím hřebem je 2000 μm . Schéma měřicího hřebenu je vyobrazeno na *obr. 3*. [12]



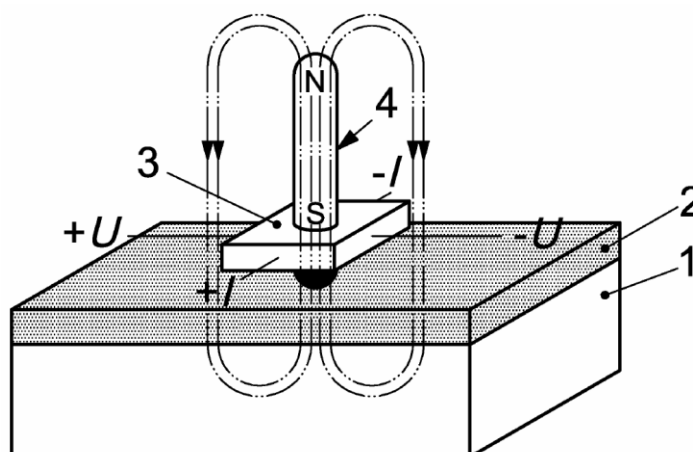
Obr. 3 – Příklad měřicího hřebenu (1 – podklad, 2 – povlak, 3 – bod smožení, 4 – měřicí hřeben) [12]

4.1.4 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů

Po vytvrzení nátěrů se provádí stanovení tloušťky suché vrstvy dle normy ČSN EN ISO 2808.

Popis přístroje:

V tomto přístroji je umístěn magnet, který slouží pro stanovení tloušťky povlaku ze změn v magnetickém poli magnetu vyvolaných podkladem. Magnetické pole se měří pomocí Hallovy sondy, která je vyobrazena na obr. 4. [12]



Obr. 4 – Hallova sonda (1 – podklad, 2 – povlak, 3 – Hallův prvek, 4 – magnet, U – Hallovo napětí, I – kontrolní proud) [12]

Postup stanovení:

Kolmo na nátěrový systém umístíme přístroj a tloušťku povlaku odečteme přímo ze stupnice nebo vyřešíme dle pokynů tvůrce přístroje. [12]

4.1.5 Zkoušky přilnavosti antikoroziního systému**4.1.5.1 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou**

Pro vyhodnocení přilnavosti byla použita mřížková metoda dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na normu ČSN ISO 2409. Tato norma specifikuje zkušební metodu, kterou lze určit odolnosti nátěru k oddělení od podkladu, když je nátěr proříznut mřížkou k podkladu.

Nátěrem byla vedena řada vzájemně kolmých a rovnoběžných řezů až k podkladu tak, aby se vytvořily stejné čtverce. Od tloušťky nátěru se určují rozestupy jednotlivých řezů a tím současně i velikost jednotlivých čtverců. Následně se na vytvořené řezy důkladně

přilepí a přitlačí lepicí páska, kterou se odstraní čtverečky nátěru, které mají špatnou přilnavost, v důsledku vytvořených řezů. Hodnocení přilnavosti je číselně popsáno a jeho hodnocení odpovídá pozorovanému poškození dle patřičné normy. [13]

Pro mřížkovou zkoušku se používají obzvláště jednoduché řezné nástroje buďto s jedním nebo s více ostřími. Řezné nástroje s jedním ostřím musí mít ostří 20° až 30° a tloušťka ostří by měla být v rozmezí $0,43 \pm 0,03$ mm. Nástroj s více ostřími má od sebe vzdálených šest ostří. Individuální vzdálenosti ostří jsou 1 mm, 2 mm a 3 mm. [11]

Šířka šesti ostří je:

- 5 mm u nástroje, který má ostří od sebe vzdálená 1 mm
- 10 mm u nástroje, který má ostří od sebe vzdálená 2 mm [14]

Vzdálenost jednotlivých řezů:

Vzdálenosti mezi řezy musí být v obou směrech stejné a závisí hlavně na tloušťce a zvoleného typu podkladu. Jednotlivé vzdálenosti se dělí podle:

- Do $60\text{ }\mu\text{m}$ - vzdálenost řezů 1 mm, pro tvrdé podklady,
- do $60\text{ }\mu\text{m}$ - vzdálenost řezů 2 mm, pro měkké podklady,
- $61\text{ }\mu\text{m}$ až $120\text{ }\mu\text{m}$ – vzdálenost řezů 2 mm, pro tvrdé i měkké podklady,
- $121\text{ }\mu\text{m}$ až $250\text{ }\mu\text{m}$ – vzdálenost řezů 3 mm, pro tvrdé i měkké podklady. [14]

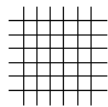
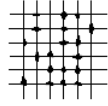
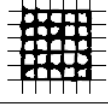
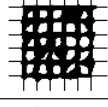
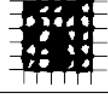
** Mřížková zkouška není však vhodná pro nátěry o celkové tloušťce větší než $250\text{ }\mu\text{m}$.*

Postup kontroly probíhá v jednotlivých krocích:

- v dobrém světle se prozkoumá řezná plocha zkušební povlaku
- při prohlížení je vzorkem otáčeno
- plocha se klasifikuje dle tabulky [14]

V tabulce je uvedeno šest základních klasifikačních stupňů. Pro obecné účely jsou většinou využívány první tři stupně.







Tabulka 5 – Klasifikace výsledků mřížkových zkoušek [14]

| Klasifikace | Popis | Vzhled povrchu plochy s mřížkou, na které se vyskytlo odlupování ^a (Příklad pro šest rovnoběžných řezů) ^a |
|-------------|---|--|
| 0 | Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není odloupenut |  |
| 1 | Odloupenutí malých šupinek povlaku v místech křížení řezů. Zasažená plocha není větší než 5 % plochy mřížky. |  |
| 2 | Nátěr odloupenut podél hran řezů a v místech jejich křížení. Zasažená plocha převyšuje 5 %, ale není větší než 15 % plochy mřížky. |  |
| 3 | Nátěr částečně nebo zcela odloupenut ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo částečně nebo zcela odloupenut na různých částech čtverců. Zasažená plocha převyšuje 15 %, ale není větší než 35 % plochy mřížky. |  |
| 4 | Nátěr odloupenut ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo se některé čtverce částečně nebo zcela odloupily. Zasažená plocha převyšuje 35 %, ale není větší než 65 % plochy mřížky. |  |
| 5 | Jakýkoli rozsah odloupenutí, který nelze klasifikovat ani stupněm 4. | — |

^a Obrázky znázorňují příklady mřížek v rámci jednotlivých klasifikačních stupňů. Uvedené procentuální podíly jsou založeny na vizuálním dojmu z obrázků a při digitálním zpracování obrazu nemusí být nutně dosaženy stejné podíly.

4.1.5.2 Zkouška přilnavosti křížového řezu

Hodnocení metody křížového řezu je vyspecifikováno v normě ČSN ISO 16276-2. Daným nátěrovým systémem se vede za pomoci nástroje s jedním ostrým řez ve tvaru „X“. Každý řez nátěrovým systémem musí být 40 mm dlouhý. Úhel, který oba řezy svírají, musí být v rozmezí 30° až 45°. Následně se na řezy pevně přitiskne lepicí páska v délce 75 mm a během 5 minut se stáhne. Hodnocení se stanoví porovnáním, s odpovídajícím poškozením podle *obr. 5*. Křížový řez není omeze tloušťkou nátěru. [13]

| | |
|--|--|
|  <p>Stupeň 0 Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.</p> |  <p>Stupeň 1 Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.</p> |
|  <p>Stupeň 2 Roztřípené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.</p> |  <p>Stupeň 3 Roztřípené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách.</p> |
|  <p>Stupeň 4 Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.</p> |  <p>Stupeň 5 Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.</p> |

Obr. 5 – Hodnocení výsledků křížového řezu [13]

5 Výsledky experimentálních prací

5.1 Stanovení drsnosti povrchu

Drsnost se stanoví podle normy ČSN EN ISO 4287 a byla stanovena před aplikací nátěrových hmot na podkladový materiál. Měření se provádělo na dotykovém profilometru SURFTEST 301 od firmy Mitutoyo (*obr. 6*). Tento přístroj umí vyhodnotit povrchové textury s různými parametry a získané hodnoty zobrazí na digitální dotykové obrazovce. Na zkoumaném vzorku bylo měření provedeno 10x a to jak v příčném, tak v podélném směru. Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulek a byla stanovena jejich průměrná hodnota.



Obr. 6 – Dotykový profilometr Surftest 301 [16]

5.1.1 Vyhodnocení drsnosti na vzorku

Nastavení přístroje Mitutoyo SurfTest SJ-301

- měření probíhalo dle ISO 1997

Popis jednotlivých značek:

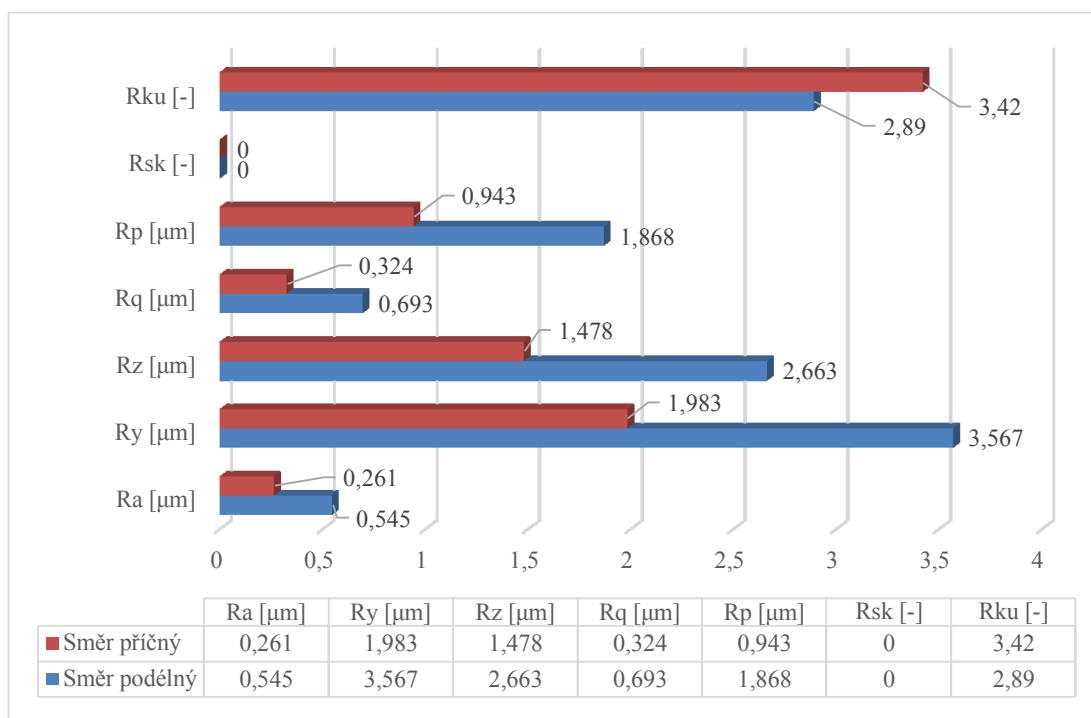
- λ_c - filtr profilu, který vymezuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- L - délka měřeného úseku

*Tabulka 6 - Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu
(měřeno v podélném směru)*

| Směr podélný | | Parametry: $\lambda_c = 0,8, l = 4$ [mm] | | | | | |
|--------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|
| Měření | Ra [μm] | Ry [μm] | Rz [μm] | Rq [μm] | Rp [μm] | Rsk [-] | Rku [-] |
| 1 | 0,60 | 4,02 | 2,93 | 0,76 | 1,86 | -0,10 | 3,17 |
| 2 | 0,57 | 3,51 | 2,71 | 0,70 | 1,90 | 0,23 | 2,70 |
| 3 | 0,58 | 3,59 | 2,81 | 0,75 | 1,87 | 0,23 | 2,71 |
| 4 | 0,48 | 3,29 | 2,31 | 0,61 | 1,83 | 0,27 | 3,18 |
| 5 | 0,49 | 3,31 | 2,34 | 0,65 | 1,89 | 0,24 | 3,17 |
| 6 | 0,54 | 3,55 | 2,73 | 0,67 | 1,82 | 0,05 | 2,82 |
| 7 | 0,47 | 3,54 | 2,72 | 0,66 | 1,84 | 0,04 | 2,91 |
| 8 | 0,57 | 3,51 | 2,66 | 0,71 | 1,75 | 0,09 | 2,62 |
| 9 | 0,55 | 3,50 | 2,65 | 0,68 | 1,74 | 0,08 | 2,77 |
| 10 | 0,60 | 3,85 | 2,77 | 0,74 | 2,18 | 0,23 | 2,85 |
| Ø | 0,545 | 3,567 | 2,663 | 0,693 | 1,868 | + | 2,89 |
| MIN | 0,47 | 3,29 | 2,31 | 0,61 | 1,74 | - | 2,62 |
| MAX | 0,60 | 4,02 | 2,93 | 0,76 | 2,18 | + | 3,18 |

*Tabulka 7 – Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu
(měřeno v příčném směru)*

| Směr příčný | | | Parametry: $\lambda_c = 0,8, l = 4$ [mm] | | | | |
|-------------|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|---------|---------|
| Měření | Ra [μm] | Ry [μm] | Rz [μm] | Rq [μm] | Rp [μm] | Rsk [-] | Rku [-] |
| 1 | 0,26 | 2,99 | 2,47 | 0,39 | 1,12 | -0,62 | 3,77 |
| 2 | 0,24 | 2,01 | 1,29 | 0,31 | 1,08 | 0,47 | 4,40 |
| 3 | 0,22 | 2,81 | 2,31 | 0,33 | 1,11 | 0,31 | 4,41 |
| 4 | 0,30 | 1,77 | 1,15 | 0,30 | 0,92 | -0,16 | 2,68 |
| 5 | 0,29 | 1,89 | 1,91 | 0,32 | 0,99 | -0,14 | 2,66 |
| 6 | 0,20 | 1,24 | 0,83 | 0,25 | 0,65 | 0,26 | 2,64 |
| 7 | 0,21 | 1,29 | 0,88 | 0,26 | 0,67 | -0,04 | 2,88 |
| 8 | 0,26 | 1,28 | 0,87 | 0,24 | 0,66 | -0,03 | 2,71 |
| 9 | 0,22 | 1,52 | 0,99 | 0,27 | 0,88 | 0,36 | 4,65 |
| 10 | 0,41 | 3,03 | 2,08 | 0,57 | 1,35 | -0,59 | 3,40 |
| Ø | 0,261 | 1,983 | 1,478 | 0,324 | 0,943 | - | 3,42 |
| MIN | 0,20 | 1,24 | 0,83 | 0,24 | 0,65 | - | 2,64 |
| MAX | 0,41 | 3,03 | 2,47 | 0,57 | 1,35 | + | 4,65 |



Obr. 7 – Grafické znázornění průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu (měřeno v příčném a podélném směru)

5.2 Aplikace nátěrů na vzorky

Vzorky byly před samotnou aplikací nátěrů nejprve odmaštěny ponorem s nuceným oběhem (míchání skleněnou tyčinkou). V použitém 10 % koncentrátu o velikosti 9,5 ÷ 10,5 pH byl po dobu 10 minut. Jako koncentrát bylo použito odmašťovadlo Simple Green Precision Cleaner (www.simplegrean.cz), typu SG Precision Cleaner (Part number: 70540 – 10 kg kanystr).

Alkalita koncentrátu:

- 100% - pH 10,5
- 10% - pH 9,5 – 10,5
- 1% - pH 8,5 – 9,5

Následně byl proveden ponorem dvojnásobný oplach ve studené vodě. Poté byly vzorky kvůli sušení vloženy do elektrické pece typu SN30/4 (jmen. topný příkon 3 kW, jmen. provozní teplota 200 °C). Teplota v peci byla 40 °C a sušení probíhalo po dobu 10 minut.

Pro nátěr VCI-368 se vzorek nechal vychladnout a pro impregnační povlak pro transport byl vzorek přehřát na teplotu 40 °C.

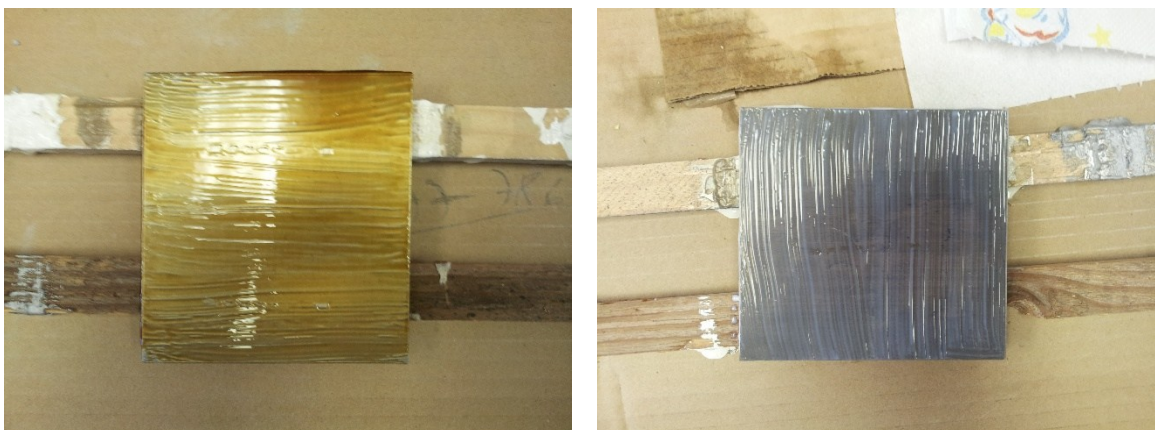
5.2.1 Aplikace nátěru VCI-368

Nátěr VCI – 368 patří mezi jedny z nejkvalitnějších nátěrů pro poskytnutí antikorozi ochrany kovům, které jsou vystaveny náročným klimatickým podmínkám. Zanechává pevný voskový povlak, který je lehce odstranitelný alkalickým ředidlem a je charakterizován hnědým odstínem. Je vhodný pro ochranu všech druhů kovů, potrubí, při skladování materiálu, chránění ocelových lan a desek.

Nátěr VCI – 368 byl nanesen pomocí štětce na podkladový materiál. Pro vytvoření velmi kvalitní nátěrové hmoty aplikujeme nátěr na podkladový materiál pomocí štětce. Velkou výhodou tohoto způsobu aplikace jsou malé ztráty. Doba schnutí je ovlivněna prouděním vzduchu a vlhkostí. Časový rozsah schnutí se pohybuje v intervalu 12-24 hodin.

5.2.2 Aplikace impregnačního povlaku pro transport

Impregnační povlak byl nanesen na podkladový materiál také pomocí štětce.



*Obr. 8 – Ukázka aplikovaných nátěrů na základní materiál
(vlevo – Cortec VCI-368; vpravo – impregnační povlak pro transport)*

5.3 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů

Tloušťka mokré vrstvy se stanovuje podle normy ČSN EN ISO 2808 a měřila se v průběhu nanášení jednotlivých nátěrů. Tato zkouška se provádí za účelem dosažení správných a požadovaných ochranných účinků nátěrového systému, které jsou ovlivněny právě tloušťkou povlaku.

Měřícím zařízením je měřicí hřebenová měrka. Měrka je plochá deska vyrobená z korozně odolného materiálu se zuby okolo okraje. Základní linie je tvořena referenčními zuby umístěnými v rozích desky, podél které jsou uspořádány vnitřní zuby tak, že tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je popsán odpovídající hodnotou mezery.

Tloušťka nanášeného mokrého filmu se kontroluje pomocí hřebenové měrky dle ČSN EN ISO 2808. Pro kontrolu byla použita hřebenová měrka od firmy BASTRO.



Obr. 9 – Nerezová hřebenová měrka od firmy BASTRO (rozsah 25 – 2000 μm)

Tabulka 8 – Hodnoty tlouštěk mokré vrstvy u jednotlivých nátěrů

| Typ vzorku | Průměrná tloušťka mokré vrstvy |
|------------|--------------------------------|
| "AC" | 100 ÷ 125 |
| "AR" | 100 ÷ 125 |

5.4 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů

Dle doby stanovené výrobcem pro vytvrzení nátěrů, byla následně provedena kontrola tloušťky suché vrstvy podle normy ČSN EN ISO 2808. Pro stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového filmu byla použita nedestruktivní metoda a jednotlivé měření tloušťky suchého nátěrového systému bylo provedeno na různých místech vzorku. K určení tloušťky aplikovaného nátěru na zkušební vzorek byl použit přístroj ELCOMETER 456, který pracuje na principu přijímání odražených magnetických vln od kovového materiálu a tato hodnota se objeví na displeji ihned po dotknutí koncového čidla přístroje měřeného povrchu. Měření na každém vzorku bylo provedeno 10x a výsledky byly zaznamenány a zpracovány do tabulky 9.



Obr. 10 – Zařízení Elcometer 456 (rozsah 0-1500 μ m) [15]

Tabulka 9 – Hodnoty tlouštěk suché vrstvy u jednotlivých nátěrů

| Měření | Naměřená tloušťka suchého nátěrového systému [μ m] | |
|--------|---|------|
| | Vzorek | |
| | "AC" | "AR" |
| 1 | 28,2 | 47,9 |
| 2 | 27,6 | 45,8 |
| 3 | 28,2 | 43,1 |
| 4 | 26,4 | 47,0 |
| 5 | 29,7 | 43,2 |
| 6 | 25,1 | 49,1 |
| 7 | 24,2 | 46,2 |
| 8 | 24,5 | 42,3 |
| 9 | 26,0 | 41,4 |
| 10 | 25,3 | 46,7 |
| Ø | 26,5 | 45,3 |

5.5 Zkoušky přilnavosti antikorozního systému

5.5.1 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou

Vyhodnocení přilnavosti jednotlivých nátěrů bylo provedeno mřížkovou metodou dle ČSN ISO 16276-2. Tímto způsobem byla určena přilnavost těchto nátěrů k podkladovému materiálu:

- nátěr VCI-368
- impregnační povlak pro transport

Pomůcky a prostředky potřebné k provedení mřížkové zkoušky:

- vodící šablona na mřížkovou zkoušku
- jednobřítý řezný nástroj
- průhledná samolepící páska šíře 50 mm
- měkký štětec
- lupa
- kontrastní papír

Postup provedení mřížkové zkoušky:

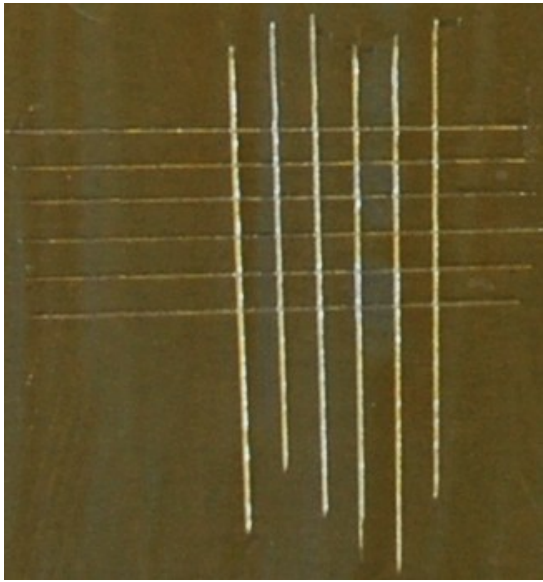
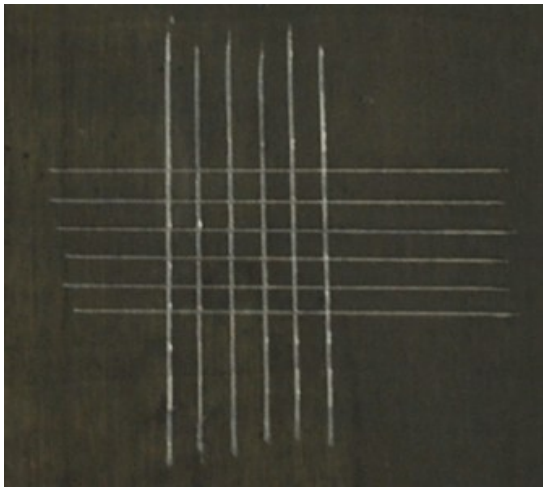
- 1) Prohlídka zkoušené plochy v dobrém světle,
- 2) Zhotovení řezů do nátěrových systémů za pomoci řezného nástroje a vodící šablony až na samotný povrch základního materiálu:
 - a. Šest rovnoběžných řezů
 - b. Šest kolmých řezů na rovnoběžné řezy
- 3) Očištění povrchu vzniklé mřížky za pomoci měkkého štětce,
- 4) Důkladné přilepení samolepící pásky o šířce 50 mm,
- 5) Pod úhlem 60° základního vzorku stržení samolepící folie,
- 6) Přilepení strhnuté samolepící fólie na kontrastní podklad,
- 7) Vizuální vyhodnocení a klasifikace dle ČSN ISO 16276-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409.

Podle tloušťka nátěrů se stanovují rozestupy jednotlivých řezů a tím i velikost čtverců. Pro jednotlivé nátěry byla vzdálenost řezů zaznamenána v tabulce 10.

Tabulka 10 – Vzdálenost řezů pro jednotlivé typy vzorků

| Typ vzorku | Průměrná tloušťka suché vrstvy [μm] | Vzdálenost řezu [mm] |
|------------|--|----------------------|
| "AC" | 26,5 | 2 |
| "AR" | 45,3 | 2 |

Tabulka 11 – Vyhodnocení poškození nátěrů u jednotlivých vzorků

| Vzorek | Fotodokumentace | Stupeň poškození |
|--------|--|------------------|
| "AC" |  | 0 |
| "AR" |  | 1 |

Mřížková zkouška nám stanovuje kvalitu přilnavosti (adhezi) nátěrového systému k povrchu základního materiálu. Měření bylo na každém nátěru provedeno jedenkrát. Nátěr „AC“ vykazuje velmi dobrou adhezni schopnost. Avšak u nátěru „AR“ došlo k odloupení malých šupinek povlaku v místě křížení řezu. Fotodokumentace uvedena v tabulce 12 ukazuje, že hrany řezů jsou hladké a žádný ze čtverců není poškozen.

5.5.2 Zkouška přilnavosti křížového řezu

Tato zkouška se provádí dle postupu vyspecifikovaného v normě ČSN ISO 16276-2

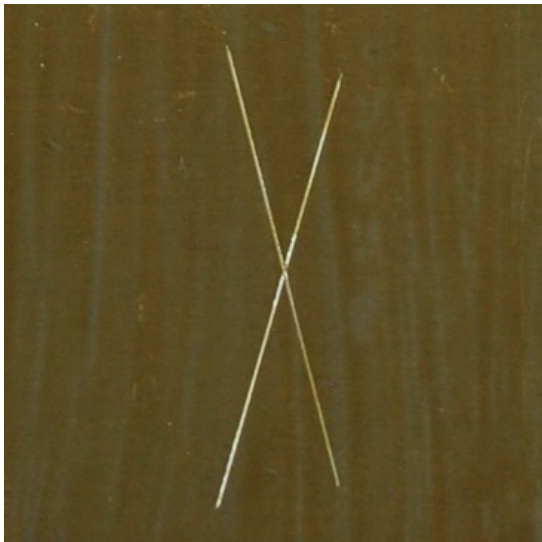

Pomůcky a prostředky potřebné k provedení zkoušky přilnavosti:

- vodící šablona na zkoušku přilnavosti křížového řezu
- jednobřitý řezný nástroj
- průhledná samolepící páska šíře 50 mm
- měkký štětec
- kontrastní papír

Postup provedení křížového řezu:

- 1) Vytvoření řezu ve tvaru „X“ řezným nástrojem,
- 2) Očištění povrchu vzniklé mřížky za pomoci měkkého štětce,
- 3) Důkladné přilepení samolepící pásky o šířce 50 mm,
- 4) Samolepící fólii strhnout po 5 minutách přilepení pod úhlem 60° základního materiálu,
- 5) Přilepení strhnuté samolepící fólie na kontrastní podklad,
- 6) Vizuální vyhodnocení a klasifikace dle ČSN ISO 16276-2

Tabulka 12 – Vyhodnocení poškození nátěrů u jednotlivých vzorků

| Vzorek | Fotodokumentace | Stupeň poškození |
|--------|---|------------------|
| "AC" |  | 0 |
| "AR" |  | 0 |

Oba nátěrové systémy dopadly velmi dobře. Nedocházelo k žádnému odlupování nebo odpadávání nátěrů. Na každém povlaku byl proveden pouze jeden křížový řez.

6 Vyhodnocení experimentálních zkoušek

6.1 Vyhodnocení drsnosti povrchů

V tabulce 13 jsou srovnány průměrné hodnoty drsnosti podkladového materiálu u jednoho zkušební vzorku.

Tabulka 13 – Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu hliník – měřeno v podélném a příčném řezu

| | Ra [μm] | Ry [μm] | Rz [μm] | Rq [μm] | Rp [μm] | Rsk [-] | Rku [-] |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|
| Průměrné hodnoty (podélný řez) → | 0,545 | 3,567 | 2,663 | 0,693 | 1,868 | + | 2,89 |
| Průměrné hodnoty (příčný řez) ↓ | 0,41 | 3,03 | 2,08 | 0,57 | 1,35 | - | 3,40 |

6.2 Vyhodnocení tloušťky suché a mokré vrstvy nátěrového systému

Dle ČSN EN ISO 2808 byly naměřeny tloušťky jednotlivých vrstev.

Tabulka 14 – Průměrné hodnoty tlouštěk suché a mokré vrstvy u jednotlivých nátěrů

| Typ vzorku | Průměrná tloušťka mokré vrstvy [μm] | Průměrná tloušťka suché vrstvy [μm] |
|------------|--|--|
| "AC" | 112,5 | 26,5 |
| "AR" | 112,5 | 45,3 |

6.3 Vyhodnocení zkoušek přilnavosti antikorozního systému

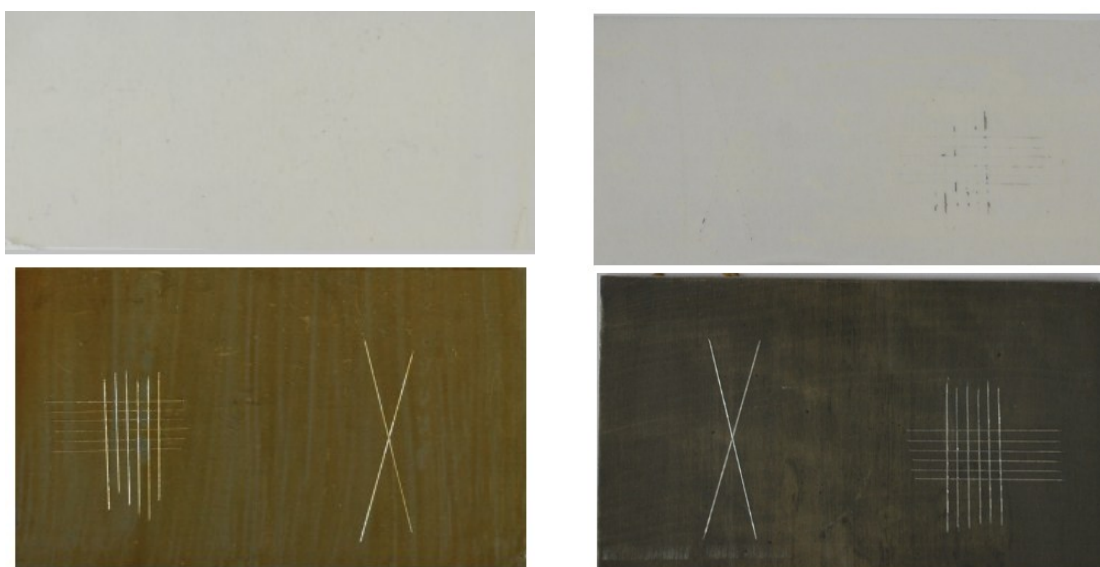
Vyhodnocení zkoušek přilnavosti se provádí dle normy ČSN EN ISO 16276-2 a to mřížkovou zkouškou a křížový řez.

Mřížková zkouška nám stanovuje kvalitu přilnavosti nátěrového systému k povrchu podkladového materiálu. Měření bylo na každém aplikovaném nátěru provedeno jedenkrát. Nátěr „AC“ vykazuje velmi dobrou adhezní schopnost, ale u nátěru „AR“ došlo k odloupenutí malých šupinek povlaku v místě křížení řezu.

U zkoušky křížovým řezem dopadly oba nátěrové systémy velice dobře. Nedošlo k žádnému odlupování nebo odpadávání nátěrů. Celkové hodnocení je zpracované v tabulce 18 a je vyobrazeno na *obr. 11*.

Tabulka 15 – Hodnoty stupně poškození (mřížková zkouška a křížový řez)

| Vzorek | Stupeň poškození Mřížková zkouška | Stupeň poškození Křížový řez |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------|
| "AC" | 0 | 0 |
| "AR" | 1 | 0 |



Obr. 11 – Vyhodnocení stupně poškození u nátěru „AC“ (vlevo) a nátěru „AR“ (vpravo)

7 Ekonomické zhodnocení

Součástí zhodnocení je ekonomická stránka výrobního procesu a to posouzení využitelnosti nátěrových hmot při jejich míchání, aplikacích a spotřebě.

Dle spotřeby materiálu při aplikaci nátěrových systémů

Tabulka 16 – Spotřeba materiálu při aplikaci nátěrových hmot

| Typ nátěru | Metoda aplikace | Ztráty |
|------------|-----------------|--------|
| "AC" | Štětcem | Malé |
| "AR" | Štětcem | Malé |

Z pohledu spotřeby materiálu při aplikaci vychází oba nátěry stejně a to v závislosti na aplikaci nátěru štětcem. Výhodou této aplikační metody jsou nízké ztráty, ale zároveň jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu pracovníka.

V dnešní době je kladen důraz na cenu, kvalitu a termín zhotovení antikorozi ochrany. Proto hraje velkou roli čas, za který aplikujeme povrchové úpravy a následně jejich schnutí. U nátěru VCI – 368 se doba schnutí pohybuje v rozsahu 12 ÷ 24 hodin. Impregnační povlak pro transport se vloží do horkovzdušné pece (70 °C) na dobu 30 minut a poté se nechá ochladit. Následná doba vytvrzování a zrání trvá ±1 hodinu. Doba schnutí se odráží od různých faktorů, jako je teplota, proudění vzduchu, vlhkost a tloušťka nátěrového povlaku. Rychlejší dobu schnutí má impregnační povlak pro transport a to díky vytvrzení v horkovzdušné peci.

Dle doby schnutí nátěrových systémů

Tabulka 17 – Doba schnutí nátěrových systémů

| Typ nátěru | Doba schnutí [hod] |
|------------|--------------------|
| "AC" | ± 24 |
| "AR" | ± 1 |

8 Závěr

Ve své bakalářské práci se zabývám studiem adheze tenkých povlaků ke kovovému substrátu. Obsahem bakalářské práce je část teoretická a část zaměřena na experimentální práce.

Úkolem teoretické části bylo prostudovat vlastnosti organických povlaků a sklokeramických smaltových povlaků. V první části jsou podrobně popsány vlastnosti organických povlaků, jako je základní rozdělení typů nátěrových hmot, jejich složení, označování, jednotlivé typy nátěrových systémů, způsoby nanášení a sušení. V druhé polovině teoretické části byly popsány vlastnosti sklokeramických smaltových povlaků a to jejich základní rozdělení, druhy smaltových povlaků, druhy vhodných podkladových materiálů pro smaltování, technologické postupy smaltování, v neposlední řadě fyzikální a chemické vlastnosti smaltů. Dalším úkolem teoretické části bylo prostudování principu adheze organických a smaltových povlaků ke kovovému substrátu. V této kapitole je popsán obecně princip adheze a vyhodnocení povrchu, jakožto i přítomnost rzi, okují a různých nečistot způsobující nevhodnou adhezi nanášených ochranných povlaků. Dále je zde obsažena i charakteristika a možné způsoby přípravy povrchu před aplikací nátěrů a následné vizuální vyhodnocovací stupně přípravy povrchu.

Experimentální část se zabývá adhezí povlaků na podkladový materiál. V této části je popsán způsob metodiky experimentální práce a jejího následného vyhodnocení. Práce je zaměřena na zkoušení adheze dvou nátěrových systémů VCI-368 a impregnačního povlaku pro transport. Podkladový materiál, na který byly tyto systémy aplikovány byl hliník používaný pro automobilový průmysl. U podkladového materiálu byla následně změřena drsnost.

U obou povlaků byla stanovena tloušťka mokrého i suchého nátěrového systému. Největší tloušťky suchého nátěru vykazoval impregnační povlak pro transport, naopak nejmenší nátěr VCI-368. Dále byly provedeny zkoušky přilnavosti antikorozičního systému a to mřížkovou zkouškou a křížovým řezem. Nátěr VCI-398 ukázal vysokou kvalitu adheze u obou zkoušek přilnavosti antikorozičního systému a to vyhodnocením stupně poškození 0. Oproti tomu impregnační povlak, který vykazoval odloupení malých šupinek povlaku

v místech křížení řezu u mřížkové zkoušky, byl hodnocen stupněm poškození 1. U zkoušky křížovým řezem byl však ohodnocen stupněm poškození 0.

Část bakalářské práce obsahuje i ekonomické zhodnocení z pohledu porovnání spotřeby materiálu při stejné aplikaci nátěrových systémů a to za pomoci štětce. Také srovnání tloušťky povlaků a jejich následné schnutí.

9 Použitá literatura

- [1] MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*, VŠB-TU, Ostrava, 2000, 156 s., ISBN 80-7078-953-0.
- [2] BOUŠE, V. a kol.: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*, SNTL, Praha, 1986, 216 s.
- [3] KALEDOVÁ, A.: *Studium korozně - inhibiční účinnosti nátěrových systémů pro povrchovou úpravu ocelových konstrukcí*. Teze habilitační práce, VŠB – TU Ostrava, 2000.
- [4] PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I.*, VŠB-TU, Ostrava, 1994, 71 s., ISBN 80-7078-235-8
- [5] ŘVC: *Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Praha, 2013. [cit. 2014-03-01] Dostupné na WWW: <http://www.rvccr.cz/public/data/downloads/dokumenty/TKP-Protikorozi%C3%AD_ochrana_ocelov%C3%BDch_konstrukc%C3%AD.pdf>
- [6] ČSN ISO 8502-3 *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků-Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou)*
- [7] ČSN ISO 8501-1 *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků-Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*.
- [8] ČSN ISO 12944-4 *Nátěrové hmoty – protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 4: Typy povrchů podkladů a jejich příprava*.
- [9] VYMAZAL, T. a KUDRNA, J.: *Stavební látky – Asfalty a dehty*. VÚT, Brno, 2012, [cit. 2014-03-01] Dostupné na WWW: <<http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI01/12%20Asfalty%20a%20dehty%20a%20ssm.pdf>>
- [10] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 218 s. ISBN 80-7082-668-1.

- [11] PAVELKOVÁ, D. *Konzervační schopnost povlaku aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 171 s., Vedoucí práce: PODJUKLOVÁ, J.
- [12] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut. Říjen 2007. 40 s.
- [13] ČSN EN ISO 16276-2: *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [14] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty – mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.
- [15] Elcometer 456 Dostupné z WWW: <http://www.incospec.com.au/assets/galleries/111/elcometer456standardfl.jpg>
- [16] MITUTOYO Surf test SJ-301. *MITUTOYO Surf test SJ301* [online]. 2001-2005, 2012 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: http://www.ipe.cuhk.edu.hk/Equipment_list/surf test.htm

10 Seznam příloh

Příloha A

- Technický list Cortec VCI-368

Příloha A

- Technický list Cortec VCI-368

**TECHNICKÉ ÚDAJE****VCI-368 Nátěr****Popis výrobku**

VCI-368 je jeden z nejkvalitnějších nátěrů, které poskytují antikorozi ochranu kovům, které jsou vystaveny náročným venkovním klimatickým podmínkám. VCI-368 zanechává pevný, voskový povlak, který je lehce odstranitelný alkalickým čisticím VCI-414.

Hlavní přednosti

- Ochrana všech druhů kovů
- Odolnost vůči UV záření
- Odpuzuje vlhkost
- Vytvrzený povlak je odolný vůči vysokým teplotám až do 200°C
- Odpovídá normám MIL-C-16173D (stupeň 1 & 2)
- NSN 8030-00-62-6950
- NATO 6850-66-132-5848
- NATO 6850-66-132-6099

Vlastnosti

| | |
|-------------------|--------------------------------|
| Vzhled | hnědá tekutina |
| Nátěr | 7-8 m ² /litr; 75 μ |
| Doba schnutí | 12 – 24 hodin |
| Manipulovatelnost | za 0,5 – 3 hodiny |
| Typ povlaku | pevný, voskový |
| Skladovatelnost | 24 měsíců (24°C) |
| Obsah sušiny | 57 – 61% |

Typické aplikace

- Nátěr potrubí
- Skladování materiálu
- Nátěr podvozku
- Ocelová lana
- Ocelové desky
- Strojně opracované díly

Vhodné pro ochranu těchto kovů:

- Uhlíková ocel
- Nerez ocel
- Měď
- Hliník
- Litina

Způsob aplikace

VCI-368 může být aplikován nátěrem štětcem nebo nanesením pomocí stříkací pistole. Doporučená síla povlaku je nejméně 50 – 70 μ u materiálů, které jsou skladovány v prostředí s působením klimatických vlivů.

Způsob odstranění

Použijte rozpouštědlo nebo minerální alkoholy pro vyčištění nářadí a na oplach.

Balení

VCI-368 je balený v 19 litrových plastových nádobách, 208 litrových kovových sudech nebo v 310 gramových plechovkách s aerosolem.

PODĚKOVÁNÍ

Na závěr chci poděkovat vedoucí bakalářské práce paní doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. a paní Ing. Daniele Pavelkové za poskytnuté rady při zpracování bakalářské práce a pomoc při vyhodnocování experimentálních prací.

V Ostravě 19. 5. 2014



podpis studenta